Anggota Ikapi
627/DKI/2023

Dr. apt. Sofia Rahmi, S. Farm., M.Si., dkk

RANGKUMAN MATERI FARMASI




yapindo
Leap Ahead

RANGKUMAN MATERI FARMASI

Dr. apt. Sofia Rahmi, S. Farm., M.Si., dkk.

PT. YAPINDO JAYA ABADI

Anggota IKAPI: No. 627/DKI/2023

RANGKUMAN MATERI FARMASI

Penulis : Dr. apt. Sofia Rahmi, S.Farm., M.Si., Dr. apt. Lusi Agus Setiani, M.Farm., apt. Tatiana Siska Wardani, S.Farm., M.Farm., apt. Zedny Norachuriya, M.Farm.Klin., apt. Puspita Raras Anindita, S.Farm., M.Farm-Klin., apt. Erma Yunita, M.Sc., apt. Paisal Tanjung, S.Farm., apt. Dedi Hartanto, M.Sc., apt. M.A. Hanny Ferry Fernanda, S.Farm., M.Farm., apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm., apt. Andi Wijaya, M.Farm., apt. Rolando Rahardjoputro, S.Farm., M.Farm., apt. Ulyati Ulfah, S.Farm., M.Farm., apt. Muh. Agus Salim, M.Farm., apt. Rurynta Ferly Shavira, M.Farm., apt. Vina Anasthasia Sagita, M.Farm., apt. Halimatusa'diyah, S.Farm., M.Kes.

ISBN : 978-634-7752-88-8
978-634-7752-89-5 (PDF)

Penyunting Naskah : Yasmin Thifal Salsabila, S.E
Tata Letak : Batistuta
Desain Sampul : Santoso

Penerbit

PT Yapindo Jaya Abadi

Jl. Tanjung Duren Raya No.89 C RT 06/RW 05, Kelurahan Tanjung Duren Selatan, Kecamatan Grogol Petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11470

E-Mail : yapjadi@gmail.com

Website : yapindo.co.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Tim Penyusun

Dr. apt. Sofia Rahmi, S.Farm., M.Si.

Dr. apt. Lusi Agus Setiani, M.Farm.

apt. Tatiana Siska Wardani, S.Farm., M.Farm.

apt. Zedny Norachuriya, M.Farm.Klin.

apt. Puspita Raras Anindita, S.Farm., M.Farm-Klin.

apt. Erma Yunita, M.Sc.

apt. Paisal Tanjung, S.Farm.

apt. Dedi Hartanto, M.Sc.

apt. M.A. Hanny Ferry Fernanda, S.Farm., M.Farm.

apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm.

apt. Andi Wijaya, M.Farm.

apt. Rolando Rahardjoputro, S.Farm., M.Farm.

apt. Ulyati Ulfah, S.Farm., M.Farm.

apt. Muh. Agus Salim, M.Farm.

apt. Rurynta Ferly Shavira, M.Farm.

apt. Vina Anasthasia Sagita, M.Farm.

apt. Halimatusa'diyah, S.Farm., M.Kes.

yapindo Leap Ahead

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya buku ***Rangkuman Materi Farmasi*** ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai sumber informasi yang ringkas dan mudah dipahami mengenai berbagai aspek kefarmasian yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Melalui buku ini, pembaca dapat mengenal dasar-dasar obat, penggunaan obat yang benar, penyimpanan sediaan farmasi, pelayanan kefarmasian, serta berbagai informasi penting lainnya yang berkaitan dengan kesehatan.

Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum, pelajar, tenaga kesehatan, maupun siapa saja yang ingin menambah pengetahuan di bidang kefarmasian. Materi disajikan dalam bentuk rangkuman agar lebih mudah dipelajari, diingat, dan digunakan sebagai referensi praktis. Dengan pemahaman yang baik mengenai kefarmasian, diharapkan masyarakat dapat lebih bijak dalam menggunakan obat serta lebih memahami peran tenaga kefarmasian dalam mendukung pelayanan kesehatan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki berbagai keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan pada edisi berikutnya. Semoga buku Rangkuman Materi Farmasi ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, dan menjadi sumber bacaan yang berguna bagi seluruh pembaca.

Jakarta, Juni 2026

Tim Penulis

yapindo Leap Ahead

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **iv**

DAFTAR ISI ..... **v**

1. PENGANTAR ILMU FARMASI **1**

1.1 TENTANG FARMASI 1
1.2 SEJARAH FARMASI DI DUNIA 1
1.3 SEJARAH KEFARMASIAN INDONESIA 1
1.4 PENDIDIKAN TINGGI KEFARMASIAN 2
1.5 RUANG LINGKUP PEKERJAAN FARMASI 3
1.6 TENTANG OBAT 3
1.7 JENIS OBAT 5
1.8 KEBIJAKAN PEMERINTAH 5
1.9 ETIKA & PROFESIONALISME 5
1.10 PP RI TENTANG PEKERJA KEFARMASIAN 5
1.11 UNDANG-UNDANG NARKOTIKA dan PSIKOTROPIKA 6
1.12 DI BIDANG PEMERINTAH 6
1.13 PERAN INFORMASI TEKNOLOGI 6

2. BIOLOGI FARMASI **7**

2.1 DASAR BIOLOGI FARMASI 7
2.2 PERBEDAAN SEL 7
2.3 BAGIAN SEL EUKARIOTIK 9
2.4 PENYUSUN PROTOPLASMA 10
2.5 METABOLISME SEL 11
2.6 EKSPRESI GEN 12
2.7 ASAM NUKLEAT 13
2.8 GENOM EUKARIOTIK 13
2.9 STRUKTUR GENOM 14
2.10 PERKEMBANGAN SEL 15
2.11 GENETIK & WARISAN SIFAT 16
2.12 KOMUNIKASI, TRANSDUKSI 16
2.13 BIOLOGI SEL 17
2.14 CARA PENGAMATAN SEL 18

3. ANATOMI FISIOLOGI **19**

3.1 KARAKTERISTIK 19
3.2 SISTEM SARAF 20
3.3 HEMOPOETIK 24
3.4 GINJAL & PERKEMIHAN 25

3.5 INTEGUMEN DAN OTOT 27
3.6 SISTEM PENCERNAAN 29
3.7 KARDIOVASKULAR 30
3.8 SISTEM REPRODUKSI 32
3.9 LIMFATIK & IMUNITAS 34
3.10 SISTEM ENDOKRIN 36
3.11 SISTEM PERNAPASAN 38
3.12 SISTEM PENGINDERAAN 38

4. KIMIA DASAR 41

4.1 ILMU-ILMU DASAR KIMIA 41
4.2 RUMUS DAN KONSEP MOL 42
4.3 PENULISAN TATA NAMA 43
4.4 PERSAMAAN REAKSI KIMIA DAN STOIKIOMETRINYA 44
4.5 PEREAKSI PEMBATAS DAN PERHITUNGAN HASIL REAKSI 45
4.6 LARUTAN BERAIR, PENGENDAPAN, & ASAM-BASA 45
4.7 REAKSI DALAM LARUTAN 46
4.8 KONSEP UMUM IKATAN KIMIA I 47
4.9 KONSEP UMUM IKATAN KIMIA II 48
4.10 DASAR KINETIKA KIMIA 49
4.11 KESETIMBALANGAN LARUTAN 51
4.12 KESETIMBALANGAN ASAM-BASA 52
4.13 TERMODINAMIKA DAN APLIKASINYA 53
4.14 SIFAT LOGAM TRANSISI BESERTA RUMUS & NAMA SENYAWA KOORDINASINYA DENGAN BENAR 55

5. KIMIA ORGANIK 56

5.1 DASAR KIMIA ORGANIK 56
5.2 TATA NAMA & STRUKTUR SENYAWA ORGANIK 58
5.3 ISOMERISME DALAM SENYAWA ORGANIK 59
5.4 GUGUS FUNGSI 60
5.5 SIFAT FISIKA & KIMIA SENYAWA ORGANIK 61
5.6 REAKSI & MEKANISME 64
5.7 SENYAWA ORGANIK ALIFATIK 65
5.8 SENYAWA AROMATIK 66
5.9 SENYAWA ORGANIK BERFUNGSI GANDA 67
5.10 SENYAWA HETEROSIKLIK 68
5.11 SPEKTROSKOPI 70
5.12 SINTESIS ORGANIK 74
5.13 BIOKIMIA ORGANIK DAN METABOLISME OBAT 76
5.14 SENYAWA & PRODUK ALAM 77

6. BIOKIMIA FARMASI 80
6.1 BIOMOLEKULER 80
6.2 MAKROMOLEKUL PROTEIN 82
6.3 ENZIM 84
6.4 BIOKATALIS ENZIM 89
6.5 MOLEKUL KOENZIM 93
6.6 BIOENERGETIKA 99
6.7 SIFAT, SUSUNAN, DAN PENGGOLONGAN KARBOHIDRAT 100
6.8 METABOLISME KARBOHIDRAT 102
6.9 LIPID & METABOLISME LIPID 103
6.10 LIPOPROTEIN 104
6.11 METABOLISME ASAM AMINO 106
6.12 METABOLISME ASAM AMINO (ANABOLISME) 108
6.13 METABOLISME ASAM NUKLEAT 111
6.14 METABOLISME XENOBIOTIK 112
7. MIKROBIOLOGI FARMASI 114
7.1 DEFINISI & RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI FARMASI 114
7.2 BAKTERI 115
7.3 PERTUMBUHAN BAKTERI 117
7.4 BAKTERI PATOGEN 118
7.5 ANTIBIOTIK 119
7.6 ANTISEPTIK, DESINFEKTAN & ZAT PENGAWET 120
7.7 CARA ISOLASI MIKROBA 120
7.8 IDENTIFIKASI BAKTERI 123
7.9 UJI AKTIVITAS SENYAWA ANTIMIKROBA 124
7.10 UJI POTENSI ANTIBIOTIK 125
7.11 MIKOLOGI 126
7.12 MIKOSIS 128
7.13 VIRUS 128
7.14 MEKANISME KERJA PRION & VIRUS PADA HOST 130
8. IMUNOLOGI 133
8.1 DASAR IMUNOLOGI BIDANG FARMASI 133
8.2 MOLEKUL PENGENAL ANTIGEN 134
8.3 JENIS-JENIS SEL IMUN 135
8.4 IMUNOGENISITAS DAN ANTIGENITAS 137
8.5 MATURASI SEL B DAN SEL T 138
8.6 KOMPLEMEN 141
8.7 ANTIBODI 142

8.8 SITOKIN & PERAN SITOKIN 145
8.9 INTERAKSI ANTIGEN & ANTIBODI 146
8.10 RESPONS IMUN DALAM SISTEM PERTAHANAN 147
8.11 PENYAKIT AUTOIMUN 149
8.12 REAKSI HIPERSENSITIVITAS 149
8.13 DASAR IMUNOTERAPI 150

9. FARMAKOGNOSI 152

9.1 RUANG LINGKUP 152
9.2 SIMPLISIA 154
9.3 KARBOHIDRAT 156
9.4 GLIKOSIDA 1 160
9.5 GLIKOSIDA 2 161
9.6 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 1 162
9.7 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 2 163
9.8 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 3 165
9.9 LIPID 167
9.10 FLAVONOID 168
9.11 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 1 170
9.12 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 2 171
9.13 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 3 171
9.14 SENYAWA GOLONGAN STEROID DAN HORMON 173

10. FARMASETIKA 175

10.1 FARMAKOPE 175
10.2 KETENTUAN UMUM RESEP 176
10.3 MENGHITUNG DOSIS OBAT DAN SKRINING RESEP 177
10.4 PENGENALAN BENTUK SEDIAAN FARMASI 178
10.5 BENTUK SEDIAAN FARMASI PADAT 178
10.6 BENTUK SEDIAAN FARMASI SEMI SOLID 180
10.7 BENTUK SEDIAAN FARMASI CAIR 184
10.8 BENTUK SEDIAAN FARMASI GAS 185
10.9 MENIMBANG OBAT 186
10.10 PULVIS DAN PULVERES 187
10.11 PULVIS ADSPERSORIUS (SERBUK TABUR) 188
10.12 *BEYOND USE DATE* 189

11. FARMASI FISIKA 191

11.1 SIFAT PADATAN SENYAWA AKTIF PADA SEDIAAN FARMASI 191
11.2 PROSES MANUFAKTUR SIFAT PADATAN SENYAWA AKTIF 192
11.3 SIFAT DASAR PARTIKEL 193

11.4 SIFAT ALIR CAIRAN 194
11.5 USAHA MENINGKATKAN KELARUTAN SUATU ZAT 195
11.6 PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP KELARUTAN 196
11.7 UJI STABILITAS SUATU ZAT DAN SEDIAAN FARMASI 197
11.8 TERJADINYA DIFUSI 198
11.9 FENOMENA PERMUKAAN 199
11.10 ADSORPSI 199
11.11 RHEOLOGI & SIFAT FLUIDA 201
11.12 SISTEM DISPERSI 202
11.13 SUSPENSI 204
11.14 EMULSI 205

12. FARMAKOLOGI 208

12.1 FARMAKOLOGI 208
12.2 PENGEMBANGAN OBAT 210
12.3 MEKANISME FARMAKOKINETIKA OBAT 213
12.4 ABSORPSI, DISTRIBUSI, METABOLISME & EKSKRESI OBAT 214
12.5 PARAMETER FARMAKOKINETIK 217
12.6 FARMAKODINAMIK 1 219
12.7 FARMAKODINAMIK 2 220

13. KIMIA ANALISIS 223

13.1 APLIKASI KIMIA ANALISIS DI BIDANG FARMASI 223
13.2 REAKSI IDENTIFIKASI ION 224
13.3 IDENTIFIKASI UNSUR KIMIA 224
13.4 CARA PEMISAHAN KIMIA 225
13.5 METODE PEMISAHAN 226
13.6 METODE ANALISIS KUANTITATIF 229
13.7 TEORI PENGENDAPAN DAN ISOLASI SECARA KUANTITATIF METODE GRAVIMETRI 229
13.8 TITRIMETRI 231
13.9 MEKANISME PEMISAHAN SECARA KROMATOGRAFI 233
13.10 SPEKTROSKOPI 235

14. KIMIA FARMASI ANALISIS 237

14.1 ANALISIS BENTUK SEDIAAN FARMASI SECARA UMUM 237
14.2 ALKOHOL, FENOL 238
14.3 ASAM KARBOKSILAT 241
14.4 GOLONGAN KARBOHIDRAT 243
14.5 GOLONGAN SULFONAMIDA 245
14.6 GOLONGAN ALKALOID 247
14.7 GOLONGAN BARBITURAT 250

14.8 GOLONGAN STEROID 252
14.9 GOLONGAN ANTIBIOTIKA 253
14.10 GOLONGAN ANTIHISTAMIN 256
14.11 EKSPIEN FARMASI 257
14.12 BENTUK SEDIAAN FARMASI 259
14.13 PEMASTIAN MUTU PRODUK BIOLOGI 261
14.14 PEMASTIAN MUTU SEDIAAN FARMASI 265

15. KOMUNIKASI FARMASI 267

15.1 KONSEP DASAR 267
15.2 BENTUK DAN MODEL 268
15.3 HAMBATAN-HAMBATAN 270
15.4 KOMUNIKASI KELOMPOK 271
15.5 STRATEGI DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN 272
15.6 PRESENTASI 273
15.7 KOMUNIKASI EFEKTIF 273
15.8 PERSONAL SELLING 274
15.9 LANGKAH DAN TAHAP *PERSONAL SELLING* 276
15.10 KESIMPULAN 277

16. MANAJEMEN FARMASI 278

16.1 TENTANG MANAJEMEN FARMASI 278
16.2 MANAJEMEN SDM DALAM PELAYANAN KEFARMASIAN 279
16.3 MANAJEMEN LOGISTIK FARMASI 280
16.4 PENGADAAN DAN PENERIMAN LOGISTIK FARMASI 281
16.5 MANAJEMEN PENYIMPANAN LOGISTIK 282
16.6 PENYIMPANAN OBAT *HIGH ALERT* 282
16.7 DISTRIBUSI LOGISTIK FARMASI 283
16.8 PENGHAPUSAN LOGISTIK FARMASI 284
16.9 MANAJEMEN PPRA 285
16.10 MANAJEMEN FARMASI DI PUSKESMAS DAN APOTEK 285
16.11 KEPUASAN PASIEN 286
16.12 KESELAMATAN PASIEN 286
16.13 SISTEM INFORMASI MANAJEMEN FARMASI (SIMRS) 286
16.14 SIMULASI PENGGUNAAN SIMRS 287

PROFIL PENULIS 288

DAFTAR PUSTAKA 295

PENGANTAR ILMU FARMASI

1.1 TENTANG FARMASI

Konsep Dasar



Publicdomainvectors, dengan modifikasi

Istilah farmasi berasal dari bahasa Yunani *pharmakon* (obat atau racun). Pada masa awal peradaban, pengobatan dilakukan melalui ritual serta ramuan tumbuhan untuk mengatasi penyakit.

Definisi Farmasi

KBBI	Farmasi diartikan sebagai cara dan teknologi pembuatan obat serta cara penyimpanan, penyediaan, dan penyalurannya
WHO (1997)	Farmasi adalah profesi kesehatan yang berfokus pada pengelolaan dan penggunaan obat secara aman, tepat, dan efektif
FIP (2020)	Menurut International *Pharmaceutical Federation* (FIP) farmasi sebagai sebuah "ilmu dan seni" dalam menyiapkan serta menyerahkan obat-obatan

Seven Star Pharmacist Plus

Konsep ini diperkenalkan oleh WHO dan FIP sebagai standar kompetensi apoteker yang berorientasi pada pasien.

Berikut penjelasan setiap peran tersebut:

Care-giver	Memberikan pelayanan kefarmasian yang berfokus pada pasien
Decisionmaker	Mengambil keputusan penggunaan obat secara aman, efektif, dan efisien
Communicator	Menyampaikan informasi kesehatan secara jelas dan efektif
Leader	Memimpin dan berkolaborasi dalam tim pelayanan kesehatan
Manager	Mengelola sumber daya dan sistem kefarmasian secara profesional
Life-long learner	Terus belajar untuk mengikuti perkembangan ilmu dan teknologi
Teacher	Mendidik calon farmasis dan mengedukasi masyarakat

Peran tambahan untuk mendukung inovasi, riset berbasis bukti, dan perubahan sosial:

Researcher	Mengembangkan penggunaan obat berbasis bukti ilmiah
Pharmapreneur	Menciptakan inovasi dan usaha di bidang kefarmasian
Agent of Positive Change	Meningkatkan mutu, inovasi, dan memperkuat kolaborasi

1.2 SEJARAH FARMASI DI DUNIA

Sejarah Dan Perkembangan

1. Era Prasejarah

3000 SM, 1500 SM, 450–370 SM, Abad ke-1 M

3000 SM: Bangsa Sumeria menggunakan ramuan obat dari tanaman dan mineral. **1500 SM:** Mesir menyusun *Ebers Papyrus* yang berisi lebih dari 800 resep obat. **450–370 SM:** Hippocrates memperkenalkan pengobatan rasional berbasis observasi ilmiah. **Abad ke-1 M:** Dioscorides menulis *De Materia Medica*, dasar ilmu farmakognosi dan kajian tanaman obat.

2. Era Kontribusi Islam

754 M (Abad ke-8)

Apotek pertama di dunia didirikan di Bagdad pada tahun **754 M**. Masa ini, kualitas obat diawasi oleh Muhtasib. Ibnu Sina menulis *The Canon of Medicine*, yang menjadi buku teks kedokteran utama di Eropa selama sekitar enam abad.

(Haeria, 2017; Masic et al., 2022)

3. Pemisahan Farmasi dari Kedokteran

1240 M, Eropa

Meskipun praktik kefarmasian telah berkembang pesat di dunia Islam, pada tahun **1240 M di Eropa**, Frederick II mengeluarkan dekrit yang memisahkan profesi farmasi dari kedokteran, mewajibkan keahlian khusus bagi apoteker, dan lahirnya etika profesi farmasi modern.

4. Abad ke-19

1804, Jerman

Tahun 1804 di Jerman, Friedrich Sertürner berhasil mengisolasi morfin dari opium. Ini adalah terobosan besar pertama dalam kimia medisinal. dan mendorong isolasi zat aktif, standardisasi farmakope, dan perkembangan industri farmasi menuju produksi obat secara massal.

Tonggak sejarah farmasi modern

Penemuan penisilin (1928/1929) memulai era antibiotik modern. Tragedi thalidomide pada 1960-an memperketat regulasi keamanan obat, sedangkan era bioteknologi menghadirkan insulin rekombinan, dan antibodi monoklonal,

1.3 SEJARAH KEFARMASIAN INDONESIA

Perkembangan Ilmu Farmasi

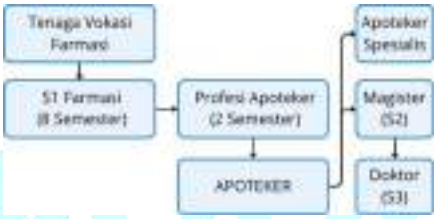
Di Nusantara, peracik obat tradisional (Acaraki) mengembangkan ramuan herbal yang kemudian dikenal sebagai jamu. Pada era kolonial, apotek pertama didirikan **di Batavia (1636),** diikuti pengembangan riset tanaman obat dan pendidikan farmasi formal. Setelah kemerdekaan, pendidikan farmasi berkembang dan profesi apoteker diperkuat melalui Ikatan Apoteker Indonesia (IAI).

Farmasi Di Era Reformasi	
Reformasi	Pascareformasi 1998, pengawasan obat dialihkan ke BPOM dan pengadaan obat dikelola daerah.
JKN	Pada 2014, Jaminan Kesehatan Nasional memperkuat pengendalian harga dan mutu obat melalui FORNAS dan e-katalog.
Masa Kini	UU Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan memperkuat peran klinis apoteker dan praktik *Pharmaceutical Care* yang berfokus pada pasien.
Masa Depan	Berfokus pada telefarmasi, layanan digital, dan kemandirian industri obat berbasis bahan alam lokal.

1.4 PENDIDIKAN TINGGI KEFARMASIAN

Ruang Lingkup Pendidikan Farmasi di Indonesia

1. Jenjang Pendidikan dan Klasifikasi Tenaga Kefarmasian

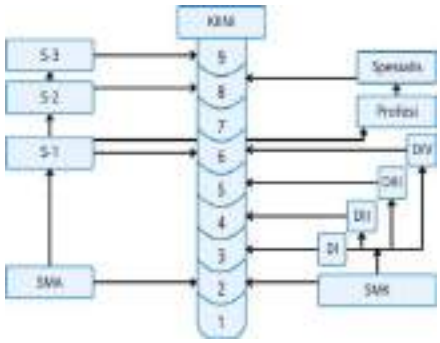


Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pendidikan farmasi di Indonesia mencakup jalur:

Jenjang	Penjelasan
Vokasi	Pendidikan yang berfokus pada keterampilan teknis kefarmasian untuk bekerja sebagai tenaga teknis kefarmasian di fasilitas pelayanan kesehatan maupun industri farmasi.
S1	Pendidikan akademik yang mempelajari ilmu farmasi secara menyeluruh.
Profesi Apoteker	Pendidikan lanjutan setelah S1 Farmasi yang membekali lulusan dengan kompetensi profesional untuk menjadi apoteker dan memberikan pelayanan kefarmasian secara mandiri sesuai standar profesi.
S2 (Magister)	Pendidikan lanjutan yang memperdalam ilmu farmasi pada bidang tertentu, seperti farmakologi, farmasetika, farmasi klinis, atau ilmu farmasi lainnya, dengan penekanan pada penelitian dan pengembangan.
S3 (Doktor)	Jenjang pendidikan tertinggi yang berfokus pada penelitian ilmiah, inovasi, dan pengembangan ilmu farmasi melalui kontribusi ilmiah yang orisinal.
Apoteker Spesialis	Pendidikan profesi lanjutan bagi apoteker untuk memperoleh kompetensi khusus pada bidang tertentu

2. Kurikulum Berbasis Kompetensi (KKNI)

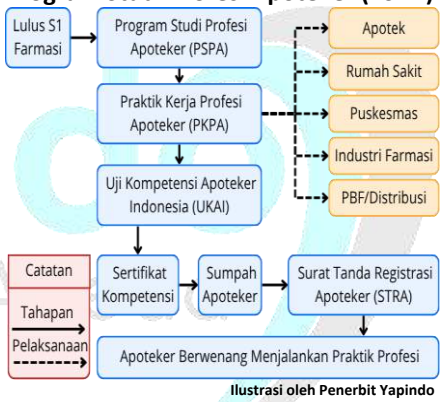


akademik.umsu, dengan modifikasi

Pendidikan S1 Farmasi mengacu pada KKNI Level 6 dan berfokus pada penguasaan ilmu serta teknologi kefarmasian untuk membentuk lulusan yang kompeten dan profesional.

(Haeria, 2017; Mahbub et al., 2024)

3. Program Studi Profesi Apoteker (PSPA)



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Setelah menyelesaikan S1 Farmasi, calon apoteker harus menempuh PSPA, mengikuti PKPA, lulus UKAI, memperoleh sertifikat kompetensi, mengucapkan sumpah apoteker, dan mendapatkan STRA sebagai syarat menjalankan praktik profesi

4. Standar Kompetensi Apoteker Indonesia (SKAI)

Pendidikan profesi apoteker mengacu pada Standar Kompetensi Apoteker Indonesia (SKAI) yang ditetapkan oleh Ikatan Apoteker Indonesia (IAI), untuk memastikan apoteker kompeten, dan berorientasi pada keselamatan pasien.

Pendidikan Tinggi Farmasi Di Luar Negeri

1. **Model PharmD (Amerika Serikat dan Kanada)**



Aacp, dengan modifikasi

Di Amerika Serikat dan Kanada, pendidikan farmasi menggunakan jalur *Doctor of Pharmacy* (PharmD) yang berorientasi pada praktik klinis dan pengambilan keputusan terkait penggunaan obat.

2. **Model MPharm (Inggris dan Commonwealth)**

Di Britania Raya (UK), pendidikan apoteker menggunakan program *Master of Pharmacy* (MPharm) selama empat tahun, dilanjutkan satu tahun pelatihan praktik (preregistrasi) dan ujian kompetensi sebelum memperoleh izin praktik mandiri.

1.5 RUANG LINGKUP PEKERJAAN FARMASI

Sektor Pekerjaan Farmasi

Sektor	Peran Utama
Pelayanan	Manajer terapi obat, asuhan kefarmasian, dan konseling pasien.
Industri	Penanggung jawab produksi, QC/QA (standar CPOB), dan R&D.
Distribusi	Penjamin keamanan rantai pasok dan mutu obat (standar CDOB).
Pemerintah	Regulator, pengawas mutu, dan pembuat kebijakan kesehatan.
Akademik	Pendidik (Dosen), peneliti pengembangan obat, pengabdian

Praktik Kefarmasian

1. **Definisi dan Landasan Hukum Praktik Kefarmasian**

Peraturan Pemerintah (PP) No. 51 Tahun 2009	Mengatur pekerjaan mulai dari pembuatan hingga pelayanan obat.
Permenkes No. 72 Tahun 2016	Menegaskan pelayanan merupakan bagian integral dari sistem kesehatan untuk meningkatkan mutu hidup.

2. **Alur Pelayanan Resep**



Lesly Saragih/scribd, dengan modifikasi

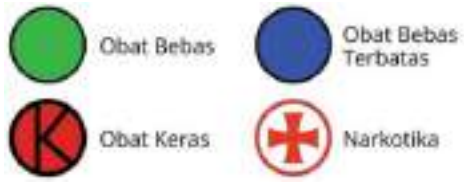
3. **Pelayanan Farmasi Klinik**
   a. **Pemantauan Terapi Obat:** Pemantauan terapi obat untuk memastikan keamanan, efektivitas, dan efisiensi penggunaan obat.
   b. **Monitoring Efek Samping Obat:** Pemantauan efek samping obat untuk meningkatkan keamanan penggunaan obat di masa depan.

4. ***Medication Error* dan *Patient Safety*:** Keselamatan pasien bertujuan mencegah kesalahan pengobatan melalui pelaporan *medication error* dan edukasi DAGUSIBU (Dapatkan, Gunakan, Simpan, Buang) untuk penggunaan obat yang aman.

5. **Kolaborasi Interprofesional (IPE/IPC):** Kolaborasi interprofesional adalah bekerja dengan tenaga kesehatan lain untuk mengoptimalkan terapi, mengurangi risiko, dan meningkatkan keselamatan pasien.

1.6 TENTANG OBAT

Penggolongan Obat



Rspermatajonggol, dengan modifikasi

Obat Bebas	Dapat dibeli tanpa resep dokter
Obat Bebas Terbatas	Dapat dibeli tanpa resep dengan peringatan khusus

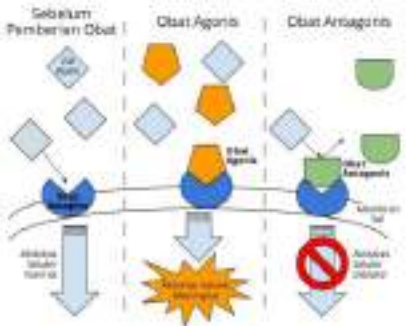
Obat Keras	Obat berlogo K merupakan obat keras yang hanya dapat diperoleh dengan resep dokter. Sebagian di antaranya termasuk obat psikotropika yang penggunaannya harus diawasi secara ketat.
Psikotropika	Obat yang berasal dari tanaman maupun bukan tanaman yang dapat menurunkan kesadaran dan menyebabkan ketergantungan yang kuat.
Narkotika	Obat yang memengaruhi susunan saraf pusat secara selektif dan berpotensi menimbulkan ketergantungan.

Berdasarkan Daya Kerja atau Terapi

Analgetik	Obat yang digunakan untuk mengurangi atau menghilangkan rasa nyeri tanpa menyebabkan hilangnya kesadaran.
Antiinfeksi	Obat yang berasal dari mikroorganisme atau sintetik yang bekerja dengan cara membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme penyebab infeksi.
Kardiovaskular	Kelompok obat yang digunakan untuk menangani gangguan sistem sirkulasi darah dan jantung, salah satunya untuk menurunkan tekanan darah tinggi.
Antidiabetik	Obat yang digunakan khusus untuk menurunkan kadar gula darah pada pasien yang menderita diabetes melitus.
Antikonvulsan	Obat yang digunakan untuk menghentikan atau mencegah terjadinya kejang, terutama pada penderita epilepsi.
Antihistamin	Obat yang bekerja dengan cara menghentikan atau menghambat kerja histamin di dalam tubuh untuk mengatasi reaksi alergi.

Berdasarkan Mekanisme Kerja Obat

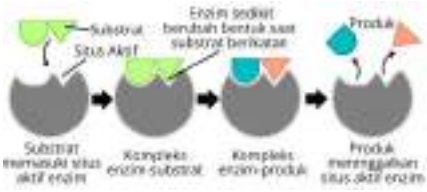
- **Agonis dan Antagonis Reseptor**



Dolleyj/Wikipedia, dengan modifikasi

Agonis mengikat dan mengaktifkan reseptor untuk menghasilkan respons, sedangkan antagonis mengikat reseptor tanpa mengaktifkannya & menghambat respons biologis.

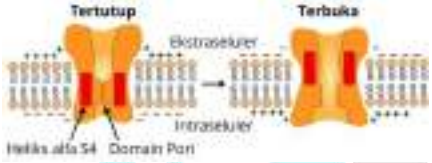
- **Inhibitor Enzim**



adm-rbdigital/blog.rbdigital, dengan modifikasi

Obat bekerja dengan cara menghambat enzim spesifik sehingga mengubah jalur metabolisme, menurunkan aktivitas biologis tertentu, dan menghasilkan efek terapeutik yang diinginkan.

- **Blokade Saluran Ion (*Ion Channel*)**



Neuroscience/sciencedirect, dengan modifikasi

Obat dapat berinteraksi langsung dengan saluran ion, baik yang diaktifkan oleh perubahan tegangan listrik (*voltage-sensitive*) maupun oleh ligan (*ligand-activated*). Sebagai contoh, obat tertentu dapat memblokir saluran natrium untuk menghentikan hantaran impuls saraf pada anestesi lokal, atau memodulasi saluran klorida untuk menghasilkan efek penenang.

Berdasarkan Lokasi Pemakaian

Oral	Rute oral adalah cara pemberian obat yang paling umum, aman, dan ekonomis, tetapi kurang sesuai untuk obat yang rusak oleh asam lambung atau pasien tidak kooperatif.
Topikal	Rute topikal diberikan langsung pada kulit untuk efek lokal, meminimalkan efek sistemik, dan efektif mengatasi gangguan kulit.
Parenteral (Injeksi)	Obat diberikan melalui suntikan langsung ke dalam jaringan tubuh atau pembuluh darah **(intravena, intramuskular, subkutan)** tanpa melalui saluran cerna. Rute ini menghasilkan efek cepat dan cocok untuk kondisi gawat darurat.
Rektal	Sediaan seperti supositoria dimasukkan melalui anus sebagai alternatif bagi pasien yang mual, muntah, pingsan, atau sulit menelan obat.

Inhalasi	Obat dalam bentuk gas atau aerosol dihirup melalui hidung atau mulut menuju paru-paru. Rute ini memberikan absorpsi yang sangat cepat melalui selaput lendir saluran pernapasan.
Tetes Mata dan Telinga	Rute pemberian obat yang diaplikasikan pada selaput lendir mata(konjungtiva) atau saluran telinga. Rute ini bertujuan memberikan efek lokal pada organ target dengan konsentrasi zat aktif yang tepat dan meminimalkan efek sistemik.

1.7 JENIS OBAT

Definisi

Klasifikasi obat-obatan merupakan instrumen penting dalam sistem kesehatan untuk menjamin aksesibilitas, keamanan, dan efektivitas terapi bagi masyarakat.

Obat Generik & Obat Paten

- **Obat Paten**: Produk sediaan jadi dengan nama dagang terdaftar milik produsen penemu yang memiliki hak eksklusif untuk memproduksinya selama masa perlindungan paten.
- **Obat Generik:** Obat yang menggunakan nama zat aktif resmi yang ditetapkan dalam farmakope atau standar internasional (seperti *International Nonproprietary Names*).

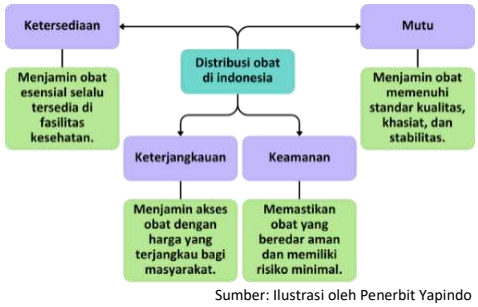
Piramida Obat Tradisional



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

1.8 KEBIJAKAN PEMERINTAH

Sistem Kesehatan Nasional



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Sistem Kesehatan Nasional (SKN) di Indonesia saat ini tengah mengalami transformasi besar untuk memastikan pelayanan kesehatan yang lebih adil, merata, dan bermutu bagi seluruh rakyat.

Daftar Obat Esensial Nasional

Daftar Obat Esensial Nasional (DOEN) merupakan instrumen krusial dalam sistem kesehatan Indonesia yang dirancang untuk menjamin ketersediaan obat bagi sebagian besar populasi melalui pemilihan yang rasional.

1.9 ETIKA & PROFESIONALISME

Profesi Dan Profesionalisme

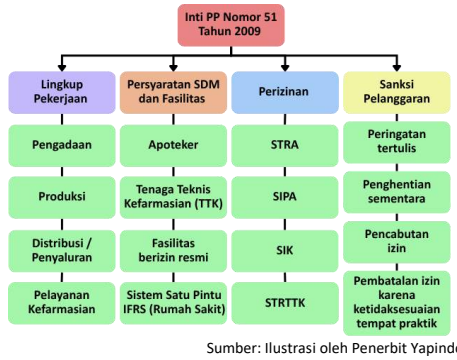


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Dalam dunia kesehatan, istilah profesi memiliki makna yang jauh lebih mendalam dibandingkan sekadar pekerjaan biasa.

1.10 PP RI TENTANG PEKERJA KEFARMASIAN

PP RI No. 51 Tahun 2009



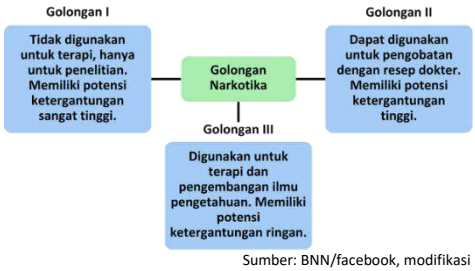
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Tonggak sejarah yang memberikan landasan hukum bagi perlindungan,

pengembangan, dan kepastian profesi bagi para pemberi layanan kesehatan di Indonesia.

1.11 UNDANG-UNDANG NARKOTIKA dan PSIKOTROPIKA

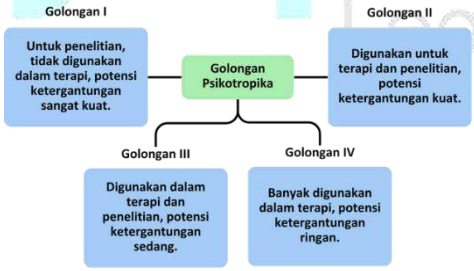
UU No. 35 Tahun 2009 Tentang Narkotika



Sumber: BNN/facebook, modifikasi

Narkotika merupakan instrumen hukum utama yang mengatur peredaran dan pengawasan zat-zat adiktif di Indonesia guna menjamin ketersediaannya untuk kepentingan pelayanan kesehatan dan ilmu pengetahuan, sekaligus mencegah penyalahgunaannya.

UU No. 5 Tahun 1997 Tentang Psikotropika

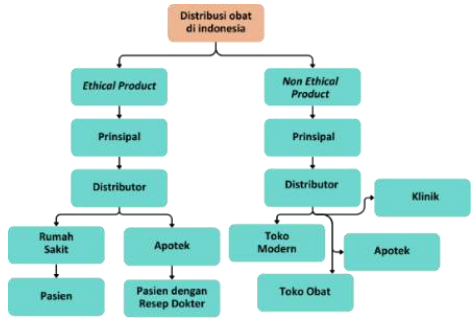


Regulasi utama yang mengatur mengenai zat atau obat yang berkhasiat psikoaktif melalui pengaruh selektif pada susunan saraf pusat, yang dapat menyebabkan perubahan khas pada aktivitas mental dan perilaku.

Tujuan utama dari pengaturan ini adalah untuk menjamin ketersediaan psikotropika demi kepentingan pelayanan kesehatan dan ilmu pengetahuan, sekaligus mencegah penyalahgunaan serta peredaran gelap yang merugikan masyarakat.

1.12 DI BIDANG PEMERINTAH

Definisi

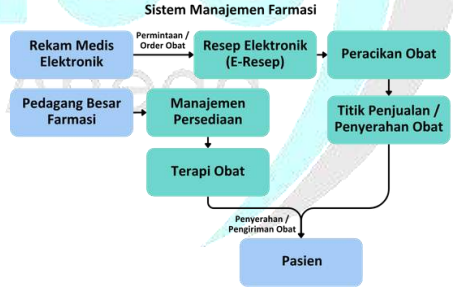


Sumber: advotics, modifikasi

Peran farmasi dalam sektor pemerintahan di Indonesia merupakan pilar utama dalam menjamin ketahanan kesehatan nasional melalui regulasi, perencanaan, dan penyediaan sediaan farmasi yang aman serta bermutu bagi seluruh masyarakat.

1.13 PERAN INFORMASI TEKNOLOGI

Informatika Farmasi



Sumber: Maryna/altexsoft, modifikasi

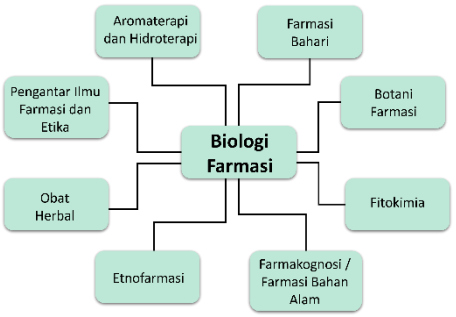
Perkembangan teknologi informasi telah membawa transformasi besar dalam dunia kesehatan. Era digital telah membawa transformasi fundamental dalam pelayanan kesehatan di Indonesia, di mana integrasi teknologi informasi menjadi kunci untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan pasien.

Sistem Informasi Farmasi kini tidak lagi sekadar pendukung administratif, melainkan pilar utama dalam optimasi terapi melalui berbagai inovasi digital.

BIOLOGI FARMASI

2.1 DASAR BIOLOGI FARMASI

Dasar dan Ruang Lingkup

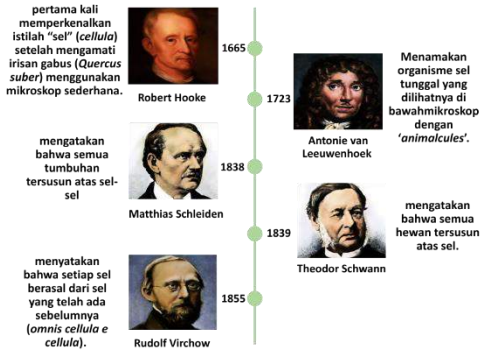


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Biologi berasal dari bahasa Yunani *bios* (hidup) dan *logos* (ilmu/pengetahuan). Biologi adalah ilmu alam yang mempelajari makhluk hidup dan segala aspek yang berkaitan dengannya, mulai dari tingkat molekul hingga ekosistem. Beberapa pendekatan ruang lingkup biologi:

- **Berdasarkan objek kajian**
- **Berdasarkan tingkat organisasi kehidupan**
- **Berdasarkan tema**

Sejarah dan Teori Sel



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Konsep mengenai sel sebagai unit terkecil kehidupan, berkembang melalui serangkaian penemuan ilmiah yang berlangsung selama beberapa abad melalui kontribusi berbagai ilmuwan yang mengamati struktur makhluk hidup menggunakan teknologi yang terus berkembang.

Alberts et al., (2022)

Peran dan Manfaat

Peran:

1. Sebagai dasar ilmu kesehatan dan farmasi
2. Menyediakan kerangka konsep untuk penelitian
3. Memahami interaksi makhluk hidup dengan lingkungan
4. Eksplorasi sumber daya alam untuk obat baru
5. Menghubungkan ilmu molekuler dengan aplikasi praktis

Manfaat:

1. Perancangan obat yang efektif dan aman.
2. Pengembangan terapi berbasis molekul dan sel.
3. Dasar untuk inovasi bioteknologi.
4. Peningkatan kualitas pelayanan kesehatan.

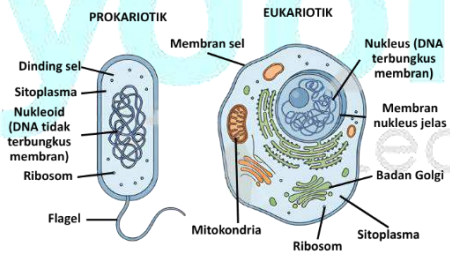
2.2 PERBEDAAN SEL

Prokariotik dan Eukariotik

Aspek	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Ukuran sel	Kecil (± 0,5–5 µm)	Lebih besar (± 10–100 µm)
Inti sel (nukleus)	Tidak memiliki inti sejati (*nukleoid*)	Memiliki inti sejati (*nukleus)*
Membran inti	Tidak ada	Ada
DNA	*Sirkular* (melingkar), tidak terikat histon	Linear *(*lurus), terikat protein histon
Jumlah kromosom	Umumnya satu	Lebih dari satu
Organel bermembran	Tidak ada	Ada (*mitokondria,* RE, badan Golgi, dll.)
Ribosom	Ada (ukuran kecil, 70S)	Ada (lebih besar, 80S)

Dinding sel	Umumnya ada (*peptidoglikan* pada bakteri)	Ada pada tumbuhan (selulosa), tidak pada hewan
Sistem reproduksi	Pembelahan biner	Mitosis dan meiosis
Contoh organisme	Bakteri, *Archaea*	Hewan, tumbuhan, jamur, protista
Kompleksitas sel	Sederhana	Lebih kompleks
Sitoplasma	Tidak memiliki kompartemen	Terorganisir dengan kompartemen

Sel prokariotik merupakan sel yang tidak memiliki inti sejati (nukleus) genetiknya berupa DNA berbentuk sirkular yang terletak di daerah nukleoid, tanpa dibatasi oleh membran inti. Sebaliknya, sel eukariotik memiliki inti sejati yang dibatasi oleh membran nukleus serta dilengkapi dengan berbagai organel bermembran yang kompleks.



Sumber: Macrovector/magnifico, modifikasi

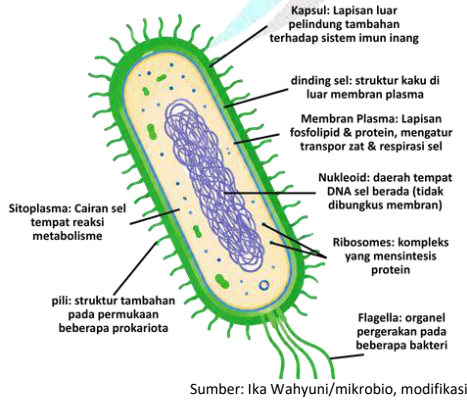
Organel

Organel	Prokariotik	Eukariotik
Membran plasma	Ada	Ada
Sitoplasma	Ada	Ada
Ribosom	Ada	Ada
Dinding Sel	Ada	Ada
Mesosom	Ada	Tidak Ada
Nukleus	Tidak Ada	Ada
Retikulum Endoplasma	Tidak Ada	Ada
Lisosom	Tidak Ada	Ada
Badan Golgi	Tidak Ada	Ada
Mitokondria	Tidak Ada	Ada
Badan Mikro	Tidak Ada	Ada

Organel merupakan struktur dalam sel yang memiliki fungsi tertentu. Pada sel eukariotik, organel tersusun secara kompleks dan fungsional sel prokariotik tidak memiliki organel bermembran (biasa disebut organel sederhana).

Organel	Deskripsi Singkat
Nukleus	Pusat kontrol sel, menyimpan DNA dan mengatur aktivitas sel.
Mitokondria	Tempat produksi energi (ATP) melalui respirasi sel.
RE Kasar	Sintesis protein, terdapat ribosom.
RE Halus	Sintesis lipid dan detoksifikasi zat.
Badan Golgi	Modifikasi, pengemasan, dan distribusi protein.
Lisosom	Pencernaan intraseluler dan penghancuran zat asing.
Ribosom	Tempat sintesis protein dari asam amino.
Vakuola	Penyimpanan zat dan menjaga tekanan sel (tumbuhan).
Kloroplas	Tempat fotosintesis (sel tumbuhan).
Amiloplas	Penyimpanan pati pada sel tumbuhan.
Kromoplas	Penyimpanan pigmen pada tumbuhan.
Peroksisom	Detoksifikasi dan metabolisme lipid.
Sentriol / Sentrosom	Berperan dalam pembelahan sel (spindel).

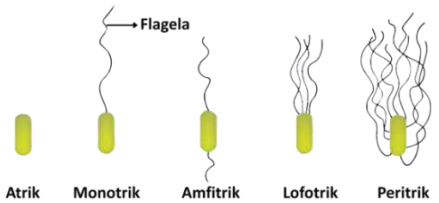
Struktur dan Fungsi Sel Bakteri



Sumber: Ika Wahyuni/mikrobio, modifikasi

Sel bakteri merupakan contoh utama sel prokariotik yang memiliki struktur sederhana namun sangat penting dalam bidang kesehatan dan farmasi.

Alat Gerak pada Bakteri



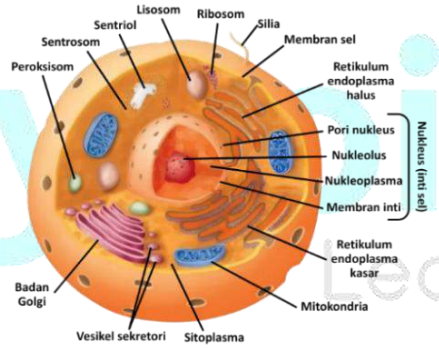
Sumber: roboguru.ruangguru, modifikasi

Kemampuan bakteri untuk bergerak (motilitas) dan menempel (adhesi) adalah faktor virulensi utama yang menentukan seberapa efektif bakteri dapat menyebabkan penyakit.

2.3 BAGIAN SEL EUKARIOTIK

Bagian Sel Hewan & Tumbuhan

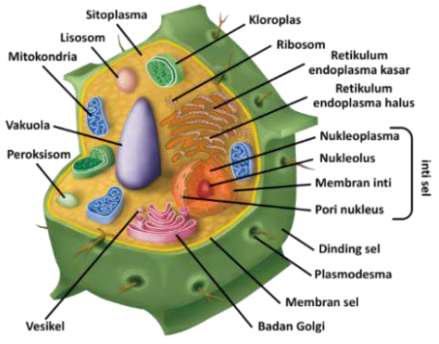
Struktur Sel Hewan:



Sumber: Akhmad/warstek, modifikasi

Sel hewan bersifat heterotrof dan tidak memiliki dinding sel namun memiliki fleksibilitas bentuk yang lebih tinggi berkat adanya sitoskeleton (rangka sel).

Struktur Sel Tumbuhan:

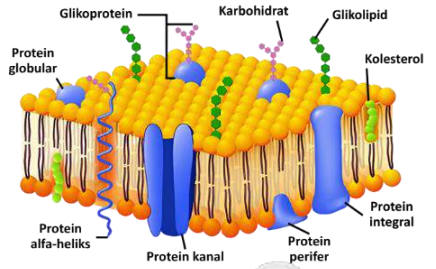


Sumber: Syahrul/medcom, modifikasi

Berbeda dengan sel hewan, sel tumbuhan bersifat autotrof karena mampu menyintesis makanannya sendiri melalui proses fotosintesis dan memiliki struktur tambahan dibandingkan sel hewan.

Fungsi Membran dan Dinding Sel

Fungsi Membran Sel Hewan:



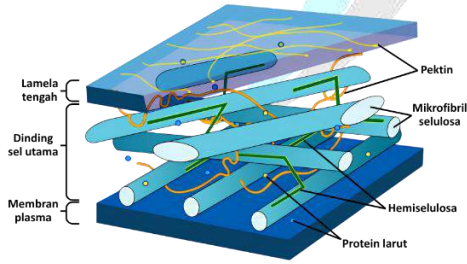
Darren Alex/studyinca, modifikasi

Membran sel tersusun atas bilayer fosfolipid dengan berbagai protein, kolesterol, dan karbohidrat yang tertanam di dalamnya.

Fungsi utama membran sel:

1. Selektivitas Permeabilitas
2. Transport Zat
3. Komunikasi dan Pengenalan Sel
4. Perlindungan Sel

Fungsi Dinding Sel Tumbuhan:



Sumber: Wikipedia, modifikasi

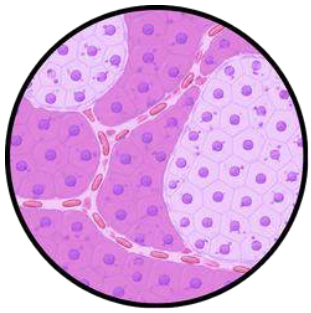
Dinding sel adalah struktur kaku dan kuat yang terletak di luar membran sel. Komponen kimianya terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pektin, dan terkadang lignin pada jaringan kayu.

Fungsi dinding sel antara lain:

1. Kekuatan Mekanik.
2. Regulasi Tekanan Ostomik (Tekanan Turgor)
3. Jalur Komunikasi.

Histologi

Histologi Jaringan Hewan:

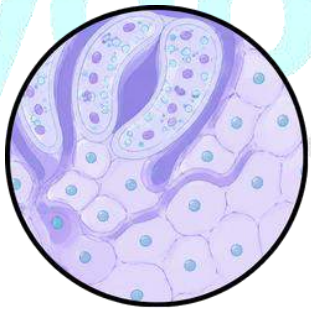


Sumber: mmegias, modifikasi

Jaringan hewan lebih kompleks karena melibatkan mobilitas dan sistem koordinasi yang tinggi. Terdiri dari 4 kategori utama:

- Jaringan Epitel
- Jaringan Ikat (Penyambung)
- Jaringan Otot
- Jaringan Saraf

Histologi Jaringan Tumbuhan:



Sumber: mmegias, modifikasi

Jaringan tumbuhan secara garis besar dibagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan aktivitas pembelahan selnya:

- Jaringan Meristem (Embrional)
- Jaringan Dewasa (Permanen)

2.4 PENYUSUN PROTOPLASMA

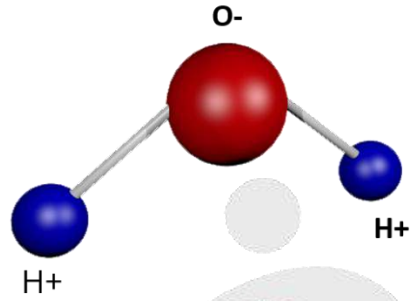
Definisi

Protoplasma adalah seluruh isi sel hidup yang dibatasi oleh membran sel, terdiri atas sitoplasma dan nukleoplasma.

Anorganik	Organik
Air	Karbohidrat
Garam mineral	Lipid
Oksigen (O_2)	Protein
Karbon dioksida (CO_2)	Enzim
Nitrogen (N_2)	Vitamin
Amonia (NH_3)	Hormon

Komponen Penyusun

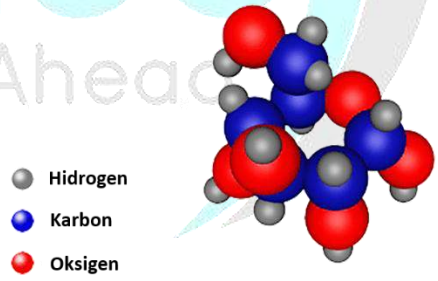
- **Air (H_2O)**



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Air merupakan pelarut universal dalam **sel (sekitar 70-90%).**

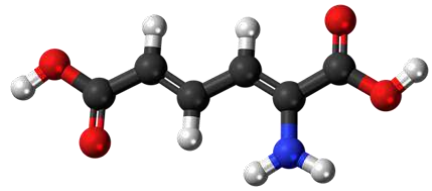
- **Karbohidrat**



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Karbohidrat berperan sebagai sumber energi utama dan komponen struktural (misalnya selulosa pada dinding sel tumbuhan obat).

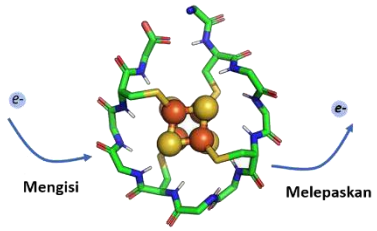
- **Lipid**



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Lipid bersifat hidrofobik. Di dalam sel, lipid membentuk fosfolipid bilayer pada membran sel.

- **Protein**

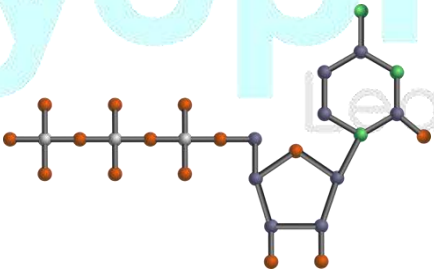


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Protein tersusun dari asam-asam amino. Dalam farmasi, protein berfungsi sebagai:

- Reseptor : Tempat menempelnya molekul obat.
- Transportir : Membawa molekul melewati membran.
- Struktural : Membentuk sitoskeleton.

- **Nukleotida dan Asam Nukleat**



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Terdiri dari DNA dan RNA. Nukleotida (seperti ATP) juga berperan sebagai pembawa energi kimia yang menggerakkan reaksi sintesis senyawa aktif dalam tanaman obat.

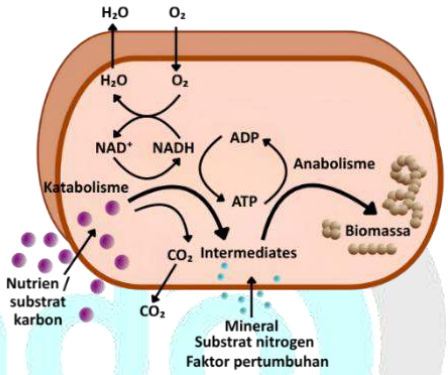
Enzim dan Penggolongannya

Golongan Enzim	Jenis Reaksi
Oksidoreduktase	Oksidasi Reduksi
Transferase	Transfer gugus kimia
Hidrolase	Pemutusan ikatan secara hi drolitik
Liase	Pemutusan ikatan bukan sec ara hidrolitik, menyisakan ikatan rangkap dua atau penambahan gugus pada ikatan rangkap dua
Isomerase	Perubahan susunan geomet ris pada suatu molekul
Ligase	Pengikatan atau penggabun gan dua molekul

Enzim adalah biokatalisator organik yang mempercepat reaksi kimia tanpa ikut bereaksi. Sebagian besar enzim adalah protein.

2.5 METABOLISME SEL

Definisi

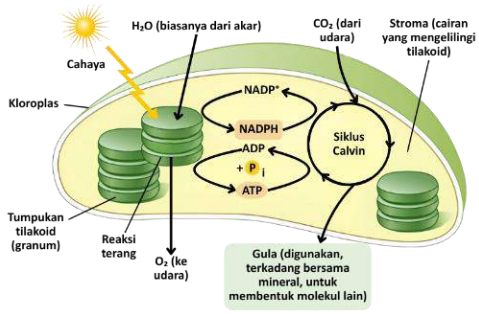


Sumber: Wikipedia, modifikasi

Metabolisme adalah seluruh rangkaian reaksi kimia yang terjadi dalam sel untuk mempertahankan kehidupan, yang dikatalisis oleh enzim.

Nelson et al., (2021)

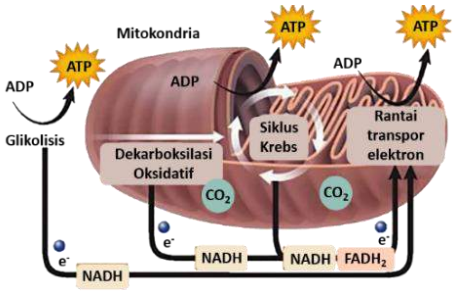
Pada Tumbuhan (Fotosintesis):



Sumber: Hidayat/blogger, modifikasi

Fotosintesis adalah proses pembentukan glukosa dari karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dengan memanfaatkan energi cahaya matahari.

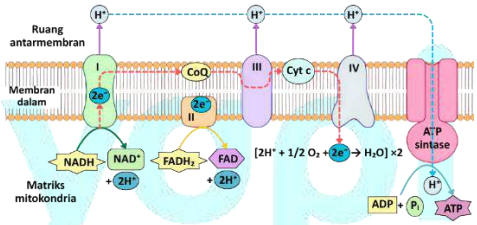
Pada Hewan (Respirasi Sel):



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Proses katabolik di mana sel memecah molekul organik (seperti glukosa) menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP (Adenosin Trifosfat) guna mendukung aktivitas hidup.

Oksidasi Biologi

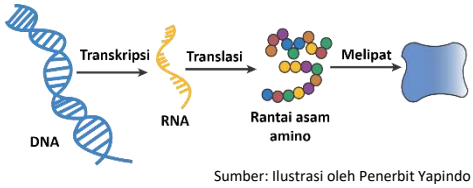


Sumber: sciencefacts, modifikasi

Oksidasi biologi adalah proses pelepasan elektron dari suatu molekul dalam sistem biologis yang bertujuan menghasilkan energi. Proses ini berlangsung melalui reaksi oksidasi dan reduksi (redoks) yang selalu terjadi secara berpasangan.

2.6 EKSPRESI GEN

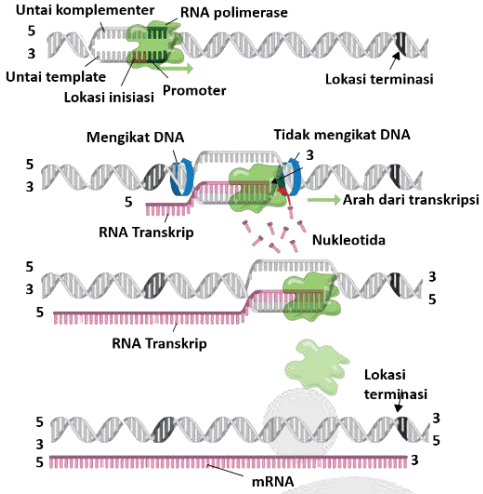
Definisi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Ekspresi gen merupakan proses fundamental dalam sel yang mengatur bagaimana informasi genetik yang tersimpan dalam DNA dapat digunakan untuk membentuk protein yang berperan dalam struktur dan fungsi sel.

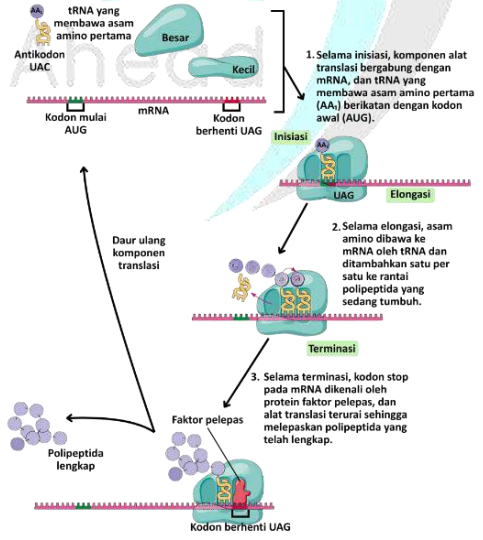
Mekanisme Transkripsi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Transkripsi adalah proses sintesis RNA dari cetakan DNA yang berlangsung di inti sel pada organisme eukariot.

Mekanisme Translasi



Sumber: alevelbiology, modifikasi

Translasi adalah proses penerjemahan informasi genetik pada mRNA menjadi protein yang berlangsung di ribosom di sitoplasma.

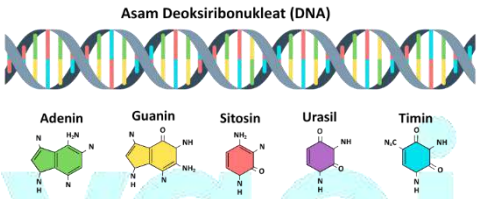
Komponen Dalam Translasi RNA

Proses translasi melibatkan beberapa komponen penting yang saling bekerja sama, yaitu:

Jenis RNA	Deskripsi
mRNA	Membawa informasi genetik sebagai cetakan kodon.
tRNA	Menghubungkan kodon dengan asam amino yang sesuai.
rRNA	Komponen ribosom yang berperan struktural dan katalitik.

2.7 ASAM NUKLEAT

Jenis Asam Nukleat (DNA)

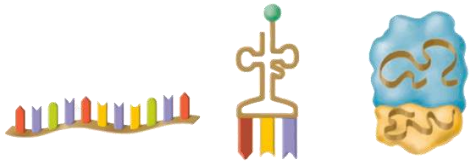


Sumber: Chamary/sciencefocus, modifikasi

DNA (*Deoxyribonucleic Acid*) adalah molekul utama penyimpan informasi genetik dalam sel. Setiap nukleotida terdiri atas gula deoksiribosa, gugus fosfat, dan basa nitrogen (adenin, timin, guanin, sitosin).

Lodish et al., (2021)

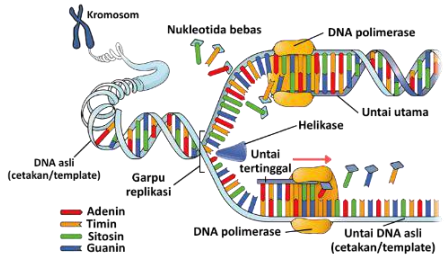
Jenis Asam Ribonukleat (RNA)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

RNA (*Ribonucleic Acid*) adalah molekul yang berperan dalam ekspresi gen. RNA terdiri dari beberapa jenis utama yang masing-masing memiliki peran dalam sintesis protein.

Replikasi DNA



Sumber: storymd, modifikasi

Replikasi DNA adalah proses penggandaan materi genetik yang terjadi sebelum pembelahan sel dan bersifat semi-konservatif, yaitu setiap DNA baru terdiri dari satu untai lama dan satu untai baru.

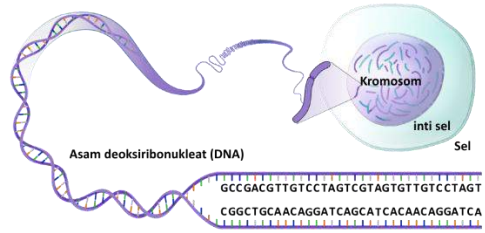
Fungsi Asam Nukleat

Komponen	Deskripsi Singkat
DNA	Menyimpan dan mentransfer informasi genetik dalam sel.
DNA	Mengontrol sintesis RNA dan menentukan protein yang disintesis.
DNA	Struktur heliks ganda menjaga stabilitas informasi genetik.
RNA (umum)	Menggunakan informasi genetik untuk mengarahkan sintesis protein.
mRNA	Membawa pesan genetik dari DNA ke ribosom.
tRNA	Mengangkut asam amino ke tempat sintesis protein.
rRNA	Komponen ribosom dan berperan dalam sintesis protein.

Asam nukleat memiliki fungsi utama dalam menyimpan, mentransmisikan, dan mengekspresikan informasi genetik.

2.8 GENOM EUKARIOTIK

Organisasi Genom

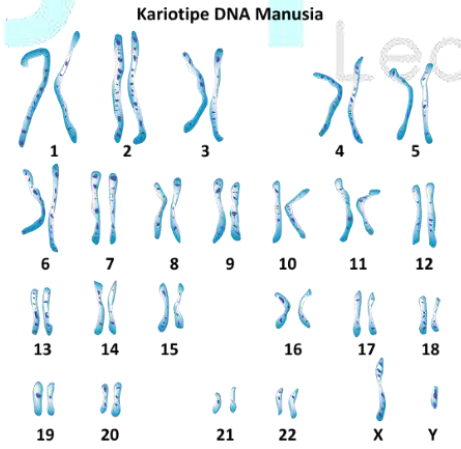


Sumber: genome, modifikasi

Genom eukariotik memiliki sistem pengorganisasian yang jauh lebih kompleks dibandingkan prokariot untuk memastikan DNA yang sangat panjang dlapat muat di dalam inti sel yang kecil. Karakteristik fisik genom eukariotik sering kali tidak menunjukkan hubungan yang sederhana dan langsung dengan tingkat kerumitan organisme. jumlah gen dalam suatu organisme juga tidak selalu berkorelasi dengan tingkat kompleksitasnya. Lebih lanjut, genom eukariot tingkat tinggi memiliki densitas gen yang relatif rendah, yaitu jumlah gen per juta pasangan basa DNA.

Organisme	Ukuran Genom	Jumlah Gen	Densitas Gen (gen/Mb)
Bakteriofag MS2	±3,6 kb	4	±1.121
Bakteriofag ΦX174	±5,4 kb	11	±2.042
Megavirus	±1,3 Mb	±1.120	±890
Mycoplasma genitalium	±580 kb	±470	±810

Genom Manusia



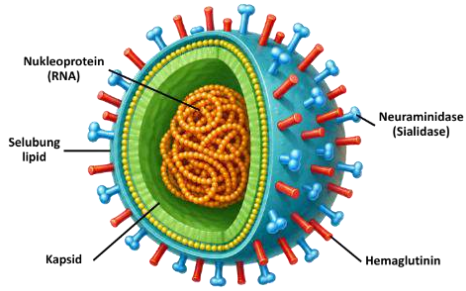
Sumber: Deweese/apologeticspress, modifikasi

Genom manusia merupakan dasar penting dalam studi farmakogenomik dan terapi target karena memengaruhi bagaimana tubuh merespons obat. Genom manusia terdiri dari sekitar 3,2 miliar pasangan basa yang tersusun dalam 23 pasang kromosom.

Katzung et al., (2021)

2.9 STRUKTUR GENOM

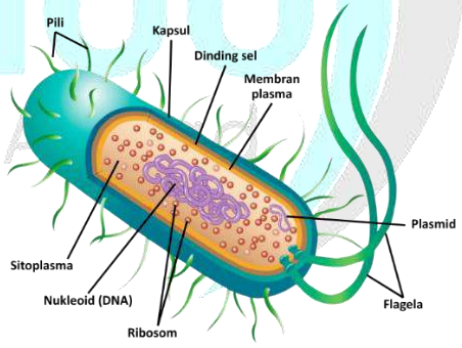
Virus



Sumber: pustaka.pandani, modifikasi

Virus adalah partikel infeksius yang tidak memiliki struktur sel dan tidak dapat melakukan metabolisme sendiri. Virus hanya terdiri atas materi genetik berupa DNA atau RNA (tidak pernah keduanya sekaligus) yang dibungkus oleh kapsid protein, dan pada beberapa virus dilengkapi dengan selubung (*envelope*).

Bakteri



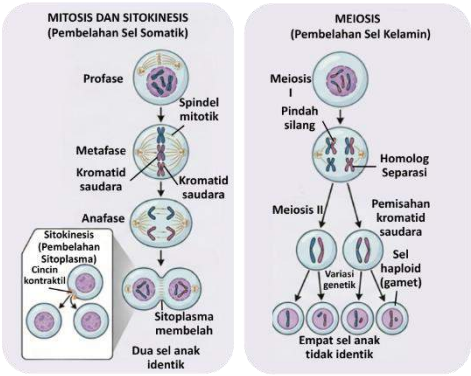
Sumber: Purbowati/akupintar, modifikasi

Bakteri adalah organisme prokariotik bersel tunggal yang mampu hidup dan berkembang biak secara mandiri. Bakteri memiliki struktur sel sederhana tanpa membran inti, dengan DNA berbentuk sirkular yang berada di dalam sitoplasma serta plasmid sebagai materi genetik tambahan pada beberapa spesies.

Bakteri melakukan metabolisme sendiri dan berkembang biak melalui pembelahan biner.

2.10 PERKEMBANGAN SEL

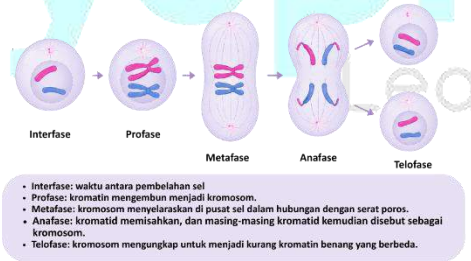
Definis



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Perkembangan dan pertumbuhan sel merupakan proses penting yang memungkinkan organisme hidup untuk tumbuh, memperbaiki jaringan, dan bereproduksi. Proses ini terjadi melalui pembelahan sel yang berlangsung secara teratur dan terkontrol.

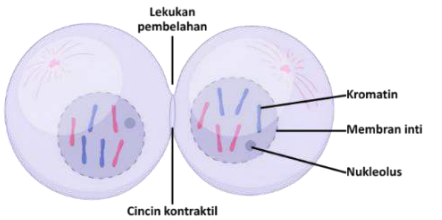
Mitosis



Sumber: byjus, modifikasi

Mitosis adalah proses pembelahan inti sel yang menghasilkan dua sel anak yang identik secara genetik dan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan sel induk (diploid).

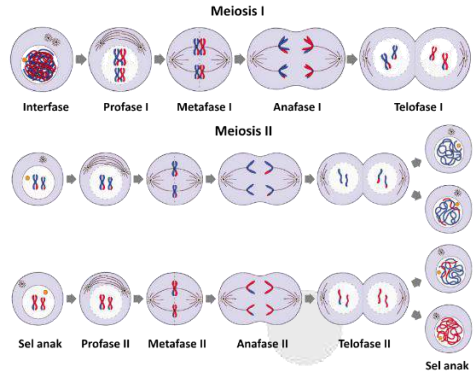
Sitokinesis



Sumber: LDarin/shutterstock, modifikasi

Sitokinesis adalah proses pembelahan sitoplasma setelah pembelahan inti sel (mitosis atau meiosis) yang menghasilkan dua sel anak terpisah secara sempurna.

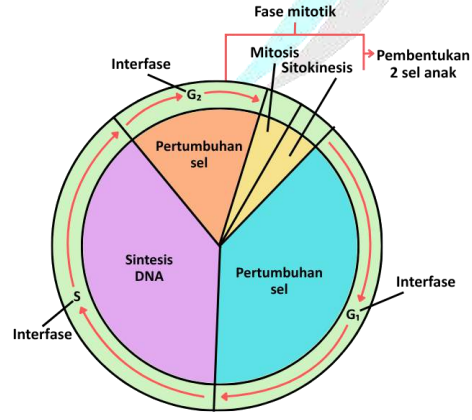
Meiosis



Sumber: Aaron/teachmephysiology, modifikasi

Meiosis adalah proses pembelahan sel yang menghasilkan empat sel anak dengan jumlah kromosom setengah (haploid) dari sel induk.

Siklus Sel



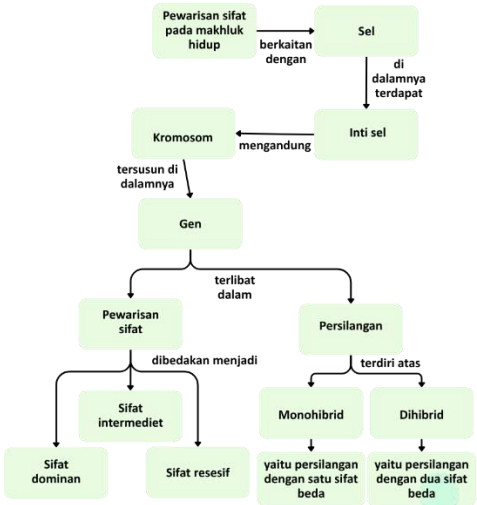
Sumber: alevelbiology, modifikasi

Siklus sel adalah rangkaian proses yang dilalui sel dari terbentuk hingga membelah menjadi dua sel anak. Siklus ini

terdiri dari interfase dan fase pembelahan (fase M).

2.11 GENETIK & WARISAN SIFAT

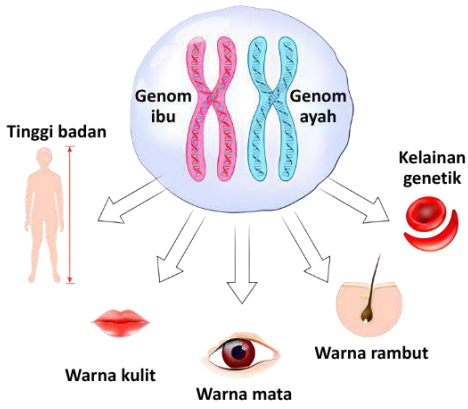
Persilangan Gen dan Pewarisan Sifat



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pewarisan sifat mengikuti prinsip dasar genetika Mendel, di mana gen memiliki alel dominan dan resesif. Alel dominan akan tampak pada fenotipe, sedangkan alel resesif muncul jika dalam kondisi homozigot.

Pewarisan Kromosom



Sumber: ttsz/istockphoto, modifikasi

Pewarisan sifat terjadi melalui kromosom yang dipisahkan meiosis dan digabung kembali saat fertilisasi. Setiap gamet membawa setengah jumlah kromosom. Kromosom juga menentukan jenis kelamin (X dan Y).

2.12 KOMUNIKASI, TRANSDUKSI

Jenis Komunikasi Sel

Sel berkomunikasi menggunakan sinyal kimia untuk mengatur fungsi tubuh. Sinyal diterima oleh reseptor dan diterjemahkan menjadi respons sel. Komunikasi antar sel dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan jarak dan cara penyampaian sinyal antara lain:

- **Autokrin** terjadi ketika sel mengirim sinyal untuk dirinya sendiri.



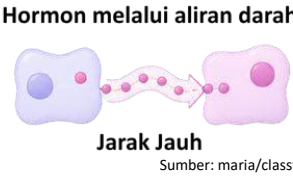
Sumber: maria/classful, modifikasi

- **Parakrin** terjadi antara sel yang berdekatan melalui difusi molekul sinyal.



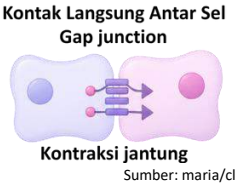
Sumber: maria/classful, modifikasi

- **Endokrin** melibatkan hormon yang dilepaskan ke dalam aliran darah untuk mencapai sel target yang jauh.



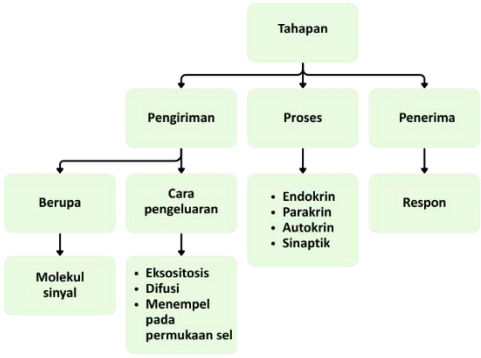
Sumber: maria/classful, modifikasi

- **Kontak langsung antar sel**, seperti melalui *gap junction*.



Sumber: maria/classful, modifikasi

Mekanisme Komunikasi Sel

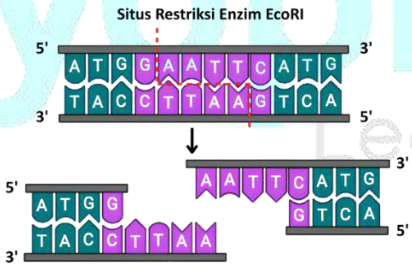


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Mekanisme komunikasi sel dimulai ketika molekul sinyal (ligan) berikatan dengan reseptor spesifik pada permukaan atau di dalam sel. Ikatan ini akan mengaktifkan rangkaian reaksi intraseluler yang disebut jalur transduksi sinyal.

2.13 BIOLOGI SEL

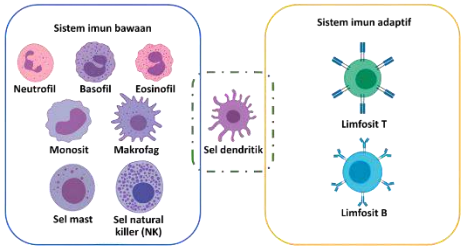
Pemotongan & Penggabungan DNA



Sumber: monash, modifikasi

Rekayasa DNA adalah teknik untuk memodifikasi materi genetik dengan cara memotong dan menyambungkan DNA.

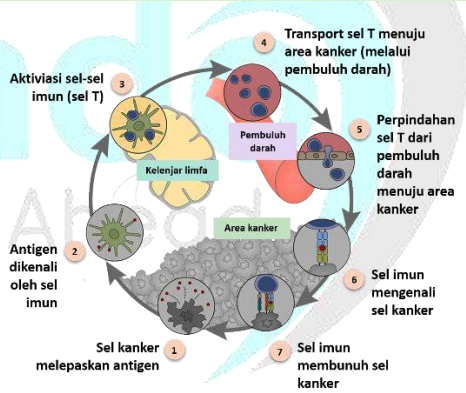
Sistem Imun



Sistem imun adalah sistem pertahanan tubuh yang berfungsi melindungi dari infeksi dan zat asing. Sistem ini terdiri dari berbagai sel seperti limfosit dan makrofag, serta molekul seperti antibodi.

Sistem imun bawaan	Sistem imun adaptif
Respons tidak spesifik	Respons spesifik patogen dan antigen
Paparan menyebabkan respons maksimal segera	Perlambatan waktu antara paparan dan respons maksimal
Komponen imunitas diperantarai sel dan imunitas humoral	Komponen imunitas diperantarai sel dan imunitas humoral
Tidak ada memori imunologis	Paparan menyebabkan adanya memori imunologis
Ditemukan hampir pada semua bentuk kehidupan	Hanya ditemukan pada vertebrata berahang

Sel Kanker



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

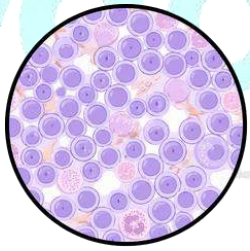
Sel kanker adalah sel abnormal yang mengalami pertumbuhan tidak terkendali akibat mutasi gen. Sel ini mampu menghindari mekanisme kematian sel (apoptosis) dan dapat menyebar ke jaringan lain melalui proses metastasis. Perkembangan sel kanker berkaitan erat dengan gangguan dalam pengaturan siklus sel.

Aspek	Sel Normal	Sel Kanker
Pertumbuhan sel	Teratur dan terkontrol	Tidak terkendali, terus membelah

Respons sinyal	Merespons sinyal berhenti	Tidak merespons sinyal berhenti
Apoptosis (kematian sel)	Terjadi jika sel rusak	Menghindari apoptosis
Diferensiasi sel	Terspesialisasi dengan baik	Kurang terdiferensiasi (abnormal)
Kontak antar sel	Menghentikan pertumbuhan saat kontak	Tidak mengenal kontak (tetap tumbuh)
Angiogenesis	Tidak memicu pembuluh darah baru	Memicu pembentukan pembuluh darah
Metastasis	Tidak menyebar	Dapat menyebar ke jaringan lain
Stabilitas genetik	Stabil	Tidak stabil (banyak mutasi)

2.14 CARA PENGAMATAN SEL

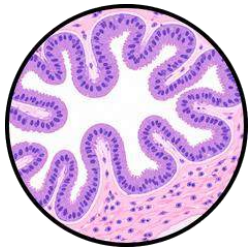
Sitologi



Sumber: vetcpd, modifikasi

Sitologi adalah cabang ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi sel secara individu. Dalam farmasi dan kedokteran, sitologi berfokus pada deteksi perubahan morfologi sel (seperti ukuran inti atau bentuk sitoplasma).

Histologi

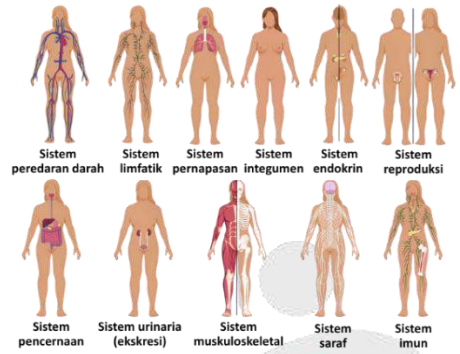


Sumber: inotiv, modifikasi

Histologi adalah ilmu yang mempelajari jaringan, yaitu kumpulan sel yang terorganisir untuk menjalankan fungsi spesifik. Pengamatan histologi memberikan gambaran arsitektur jaringan yang lebih luas dibandingkan sitologi.

Mescher, A. L. (2021)

Sistem Organ Manusia



Sumber: Brouhard/verywellhealth, modifikasi

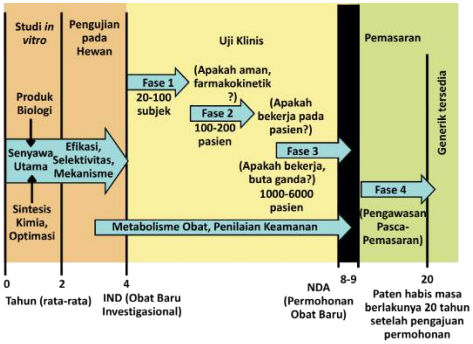
Sistem organ adalah integrasi dari berbagai organ yang bekerja secara sinergis untuk menjalankan fungsi fisiologis yang kompleks.

Yapindo Leap Ahead

ANATOMI FISIOLOGI

3.1 KARAKTERISTIK

Anatomi dan Fisiologi Manusia

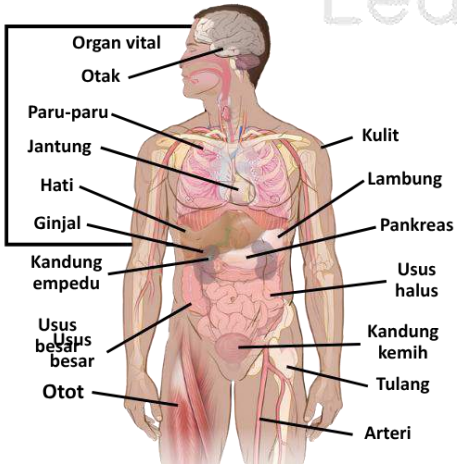


Sumber: fcarreras, modifikasi

Dalam konteks terapeutik obat, anatomi dan fisiologi manusia merujuk pada struktur organ, jaringan, dan sel tubuh manusia, serta mekanisme biologis dan biokimiawi yang memengaruhi nasib obat di dalam tubuh.

Vanderah, (2023)

Pengantar Anatomi & Fisiologi



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Anatomi Tubuh manusia adalah ilmu yang mempelajari mengenai struktur tubuh manusia. Fisiologi merupakan ilmu yang mengintegrasikan berbagai fungsi masing-masing sel, jaringan dan organ tubuh yang berbeda menjadi satu kesatuan fungsional yang utuh, yaitu tubuh manusia.

Hasina, (2025)

Integrasi Faal dengan ilmu lain dan Manfaat

Ilmu faal (fisiologi) adalah menjelaskan berbagai faktor yang memengaruhi atas asal usul, perkembangan, dan kemajuan hidup. Di dalam fisiologi manusia kita akan berupaya menjelaskan berbagai karakteristik dan mekanisme pada tubuh manusia yang membuatnya menjadi makhluk hidup.

Manfaat mempelajari ilmu faal:

Aspek	Deskripsi
Pemahaman penyakit	Memahami proses terjadinya penyakit dalam tubuh.
Analisis gejala	Menjelaskan mekanisme munculnya tanda dan gejala.
Diagnosis	Membantu menentukan diagnosis yang tepat.
Terapi	Menjadi dasar dalam pemberian pengobatan.
Edukasi	Mendukung edukasi kesehatan kepada pasien dan masyarakat.

Homeostasis & Sistem Integumen

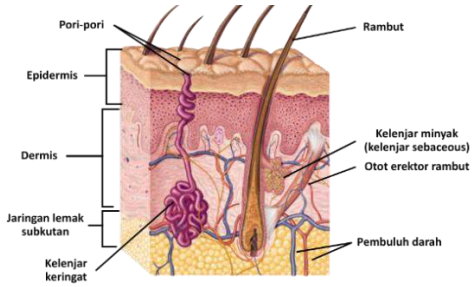
Homeostasis:



Sumber: Lalu/kerajaanbiologi, modifikasi

Homeostasis adalah pemeliharaan berbagai kondisi yang hampir selalu konstan di dalam tubuh. Pada dasarnya semua organ dan jaringan tubuh melaksanakan fungsinya untuk membantu mempertahankan kondisi yang konstan ini.

Sistem Integumen:



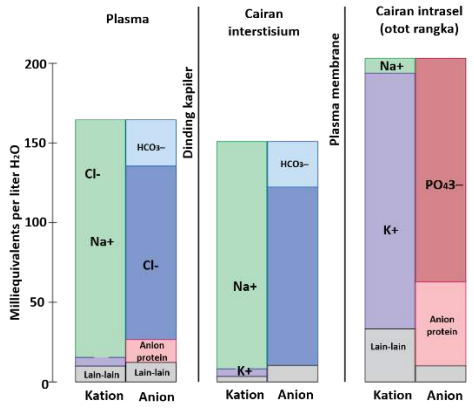
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Sistem integumen adalah sistem yang menutupi seluruh permukaan tubuh, yang terpapar langsung dengan lingkungan eksternal.

Fungsi & Keseimbangan Cairan

Fungsi	Deskripsi Singkat
Komponen sel & cairan tubuh	Menyusun sebagian besar sel dan cairan tubuh.
Pelarut & pelumas	Melarutkan zat dan mengurangi gesekan (sendi, pencernaan).
Pengatur suhu	Menjaga suhu tubuh melalui mekanisme pendinginan.
Transportasi zat	Mengangkut nutrisi, hormon, dan sisa metabolisme.
Ekskresi	Membantu pengeluaran zat sisa melalui urin, keringat, dan lain-lain.
Bantalan (proteksi)	Melindungi organ seperti otak dan sumsum tulang belakang.

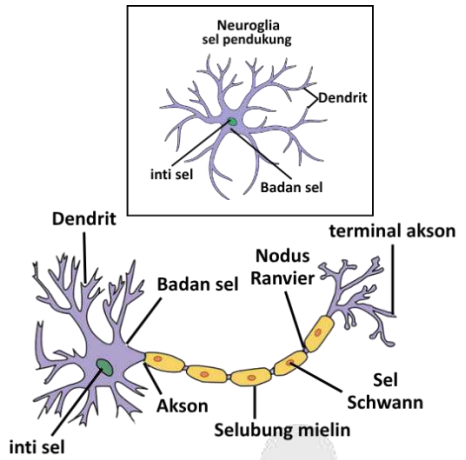
Tubuh manusia terdiri atas sekitar 60% air, yang terbagi menjadi cairan intraseluler (dalam sel) dan cairan ekstraseluler (di luar sel).



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

3.2 SISTEM SARAF

Definisi & Anatomi



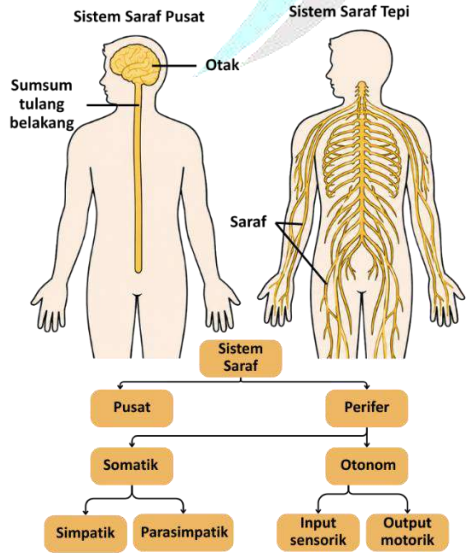
Sumber: Diane/brainfacts, modifikasi

Sistem saraf merupakan jaringan kompleks yang memiliki peran penting dalam mengatur setiap kegiatan dalam tubuh.

Handayani, (2021)

Jaringan saraf adalah komponen utama sistem komunikasi tubuh yang terdiri atas neuron (sel saraf) dan sel penyokong (neuroglia).

Sistem Saraf Pusat & Perifer



Sumber: Saul/simplypsychology, lumenlearning, modifikasi

Sistem saraf pusat terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang, sementara sistem saraf tepi terdiri dari sistem saraf somatik dan otonom.

Potensial Transmembran dan Aksi

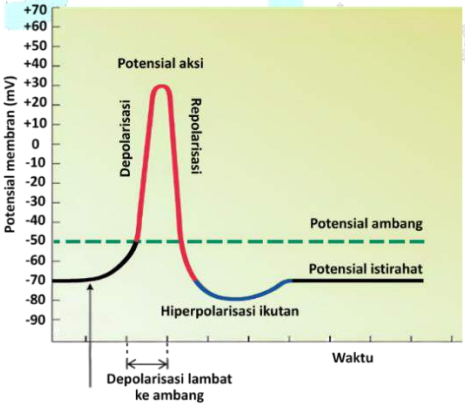
Potensial Transmembran:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Potensial membran adalah perbedaan potensial listrik yang terjadi di sepanjang/melintasi membran sel neuron, yang muncul karena perbedaan distribusi ion bermuatan positif dan negatif di dalam dan di luar sel.

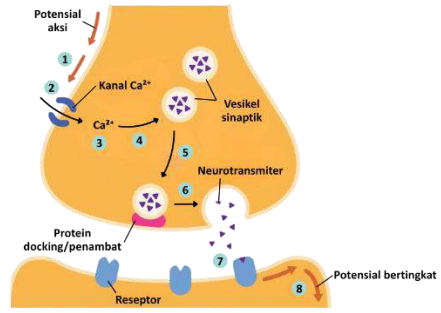
Potensial Aksi:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Potensial aksi adalah peristiwa listrik singkat sekitar 1 ms yang biasanya dihasilkan di akson yang memberi sinyal kepada neuron sebagai 'aktif'. Potensial aksi berjalan sepanjang akson dan menyebabkan pelepasan neurotransmiter ke sinaps. Potensi aksi dan pelepasan mediator kimia yang diakibatkannya memungkinkan neuron berkomunikasi dengan neuron lain.

Sinyal Listrik & Transmisi Sinaps



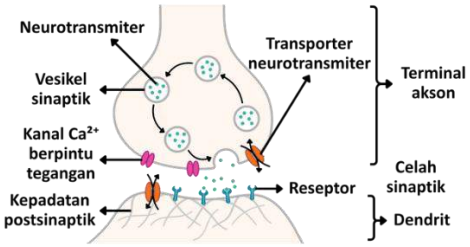
1. Potensial aksi mencapai terminal akson neuron presinaptik, memicu perubahan listrik pada membran.
2. Kanal kalsium (Ca^{2+}) yang bergantung pada tegangan terbuka akibat perubahan potensial membran.
3. Ion Ca^{2+} masuk ke dalam neuron presinaptik mengikuti gradien konsentrasi.
4. Masuknya Ca^{2+} memicu aktivasi vesikel yang berisi neurotransmiter.
5. Vesikel bergerak menuju membran presinaptik dan menempel pada membran tersebut.
6. Neurotransmiter dilepaskan ke celah sinaps melalui proses eksositosis.
7. Neurotransmiter berdifusi dan berikatan dengan reseptor spesifik pada membran postsinaptik.
8. Ikatan tersebut memicu terbentuknya sinyal baru pada sel postsinaptik (potensial postsinaptik).

Sumber: Saul/simplypsychology, modifikasi

Sistem sinyal listrik dan transmisi sinaps adalah mekanisme komunikasi saraf melalui potensial aksi listrik di sepanjang akson dan pelepasan zat kimia (neurotransmiter) di sinapsis.

Neurotransmiter, Sirkuit, Informasi

Neurotransmitter:

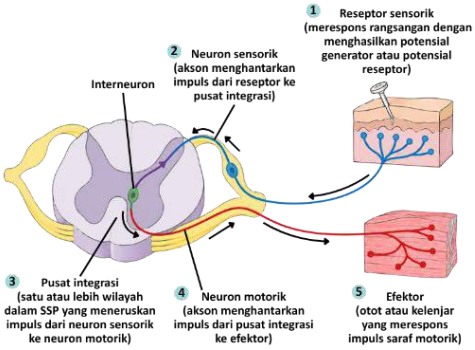


Sumber: Wikipedia, modifikasi

Neurotransmiter adalah bahan kimia yang dilepaskan dari neuron mengikuti potensial aksi. Neurotransmitter bergerak melintasi sinapsis untuk

merangsang atau menghambat neuron target.

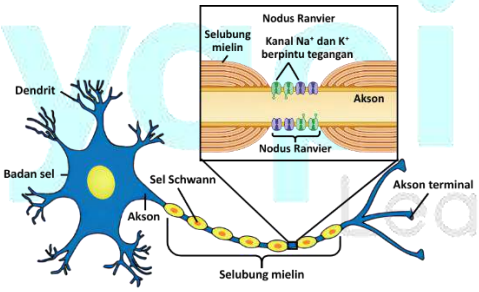
Sirkuit saraf:



Sumber: marla/quizlet, modifikasi

Sirkuit dan Plastisitas: Hubungan antar neuron membentuk sirkuit saraf yang menentukan persepsi dan tingkah laku.

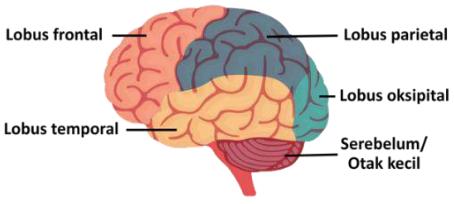
Proses informasi:



Sumber: Serelicious/quipper, modifikasi

Proses informasi: Impuls mencapai akson terminal melepaskan neurotransmitter ke celah sinapsis berikatan dengan reseptor memicu aksi pada sel berikutnya.

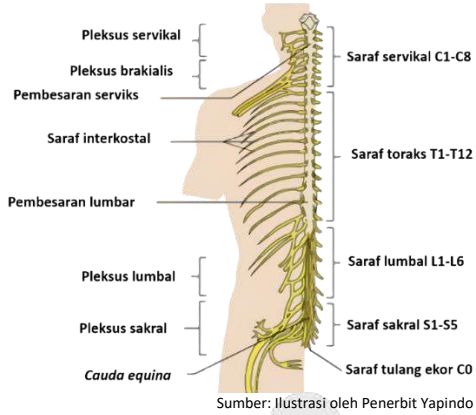
Anatomi & Fisiologi SSP



Sumber: healthdirect, modifikasi

SSP adalah pusat pemrosesan tubuh dan terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang. Keduanya dilindungi oleh tiga lapisan membran yang disebut meninges.

Anatomi & Fisiologi SST



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Sistem saraf tepi (SST) mencakup seluruh jaringan saraf yang terletak di luar sistem saraf pusat. SST terdiri atas 12 pasang saraf kranial yang muncul langsung dari otak dan 31 pasang saraf spinal yang keluar dari medula spinalis.

Struktur dan Fungsi Saraf

Sistem saraf perifer dibagi secara fungsional menjadi beberapa divisi utama:

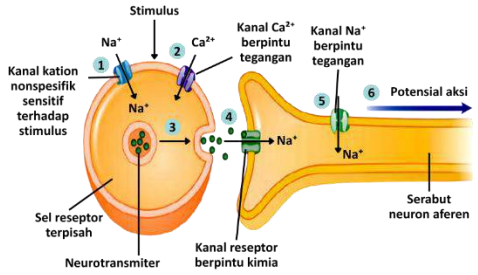
Komponen Sistem Saraf	Deskripsi
Saraf sensorik (aferen)	Mendeteksi rangsang dan mengirim impuls ke otak.
Saraf motorik (eferen)	Membawa sinyal dari otak ke otot atau kelenjar.
Sistem saraf somatik	Mengatur gerakan sadar melalui otot rangka.
Sistem saraf otonom	Mengatur fungsi tidak sadar seperti kerja organ dan kelenjar.

Klasifikasi reseptor, serabut saraf

Klasifikasi Reseptor	Stimulus yang Dideteksi
Mekanoreseptor	Deformasi mekanik, getaran, dan tekanan pada jaringan
Termoreseptor	Perubahan suhu (panas atau dingin) pada jaringan
Kemoreseptor	Perubahan kimia dalam jaringan
Proprioseptor	Perubahan posisi tubuh dan sistem muskuloskeletal
Nosiseptor	Rangsangan merusak jaringan (nyeri, multimodal)

Reseptor sensorik adalah struktur khusus yang berfungsi sebagai transduser, mengubah berbagai bentuk energi dari lingkungan menjadi sinyal listrik.

Perubahan Menjadi Potensial Aksi



Sumber: Zuheir/medclubhu, modifikasi

Ketika sebuah rangsangan mengenai reseptor, saluran ion pada membran sel reseptor akan terbuka atau tertutup, menyebabkan perubahan potensial membran yang disebut potensial reseptor (atau potensial generator).

Tortora et al., (2023)

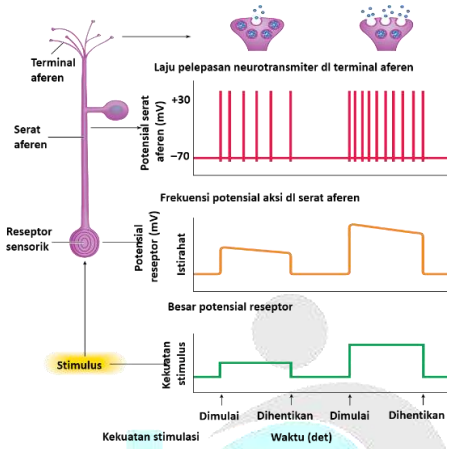
Saraf Simpatis & Saraf Parasimpatis

Aspek	Sistem Simpatis	Sistem Parasimpatik
Asal serat	Torakolumbal (korda spinalis)	Kraniosakral (otak & sakrum)
Letak ganglion	Dekat korda spinalis	Dekat/di organ efektor
Panjang serat	Preganglion pendek, pascaganglion panjang	Preganglion panjang, pascaganglion pendek
Neurotransmiter	Asetilkolin (*pre*), norepinefrin (*post*)	Asetilkolin (*pre* & *post*)
Reseptor	Nikotinik (*pre*), adrenergik α & β (*post*)	Nikotinik (*pre*), muskarinik (*post*)
Fungsi utama	*"Fight or flight"* (respons darurat)	*"Rest and digest"* (kondisi tenang)

Sistem saraf otonom dibagi menjadi dua divisi yang umumnya bekerja secara antagonis:

- Divisi simpatis sering disebut sebagai sistem *fight-or-flight* karena aktif saat kondisi stres, olahraga, atau darurat.
- Divisi parasimpatis dikenal sebagai sistem *rest-and-digest*.

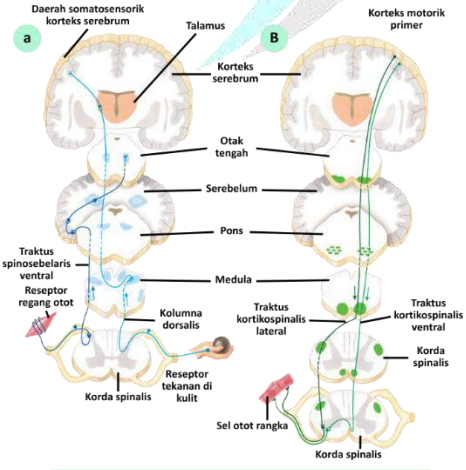
Interaksi Saraf Pelepasan



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Komunikasi saraf terjadi di sinapsis melalui pelepasan neurotransmiter akibat potensial aksi. Zat kimia seperti asetilkolin dan norepinefrin berikatan dengan reseptor pascasinaps untuk memicu atau menghambat sinyal.

Integrasi & Kontrol Fungsi Otonom

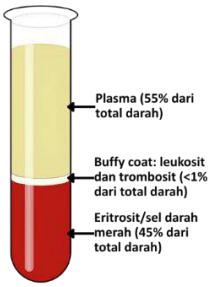


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Hipotalamus mengintegrasikan fungsi otonom dengan mengoordinasikan input sensorik melalui jalur saraf dan endokrin.

3.3 HEMOPOETIK

Komposisi Darah



Sumber: Silmi/kompas, modifikasi

Darah adalah jaringan ikat cair yang terdiri dari plasma (55%) dan elemen terbentuk (45%).

Martini et al., (2024)

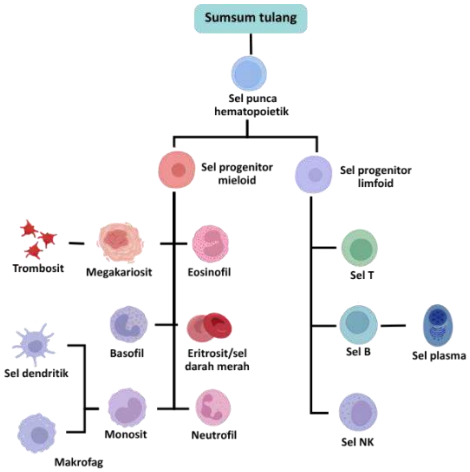
Karakteristik dan Fungsi

Darah memiliki tiga fungsi utama:

Fungsi:
- Transportasi gas
- Nutrisi
- Hormon
- Regulasi pH

Karakteristik:
- Suhu
- Cairan tubuh
- Proteksi melalui pembekuan
- Sistem Imun (Kekebalan Tubuh)

Hematopoiesis



Sumber: pressbooks, modifikasi

Hematopoiesis adalah pembentukan sel darah di sumsum tulang merah dari sel induk pluripoten. Melalui jalur myeloid dan lymphoid, proses ini menghasilkan eritrosit, leukosit, dan trombosit.

Penggolongan Darah

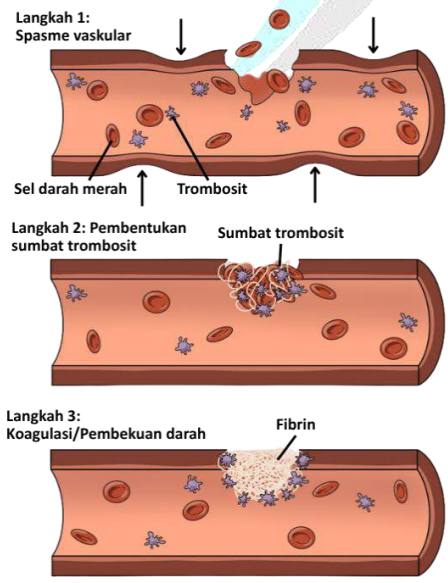
	Kelompok A	Kelompok B	Kelompok AB	Kelompok O
Jenis sel darah merah	A	B	AB	O
Antibodi dalam plasma	Anti-B	Anti-A	Tidak ada	Anti-A dan Anti-B
Antigen dalam sel darah merah	Antigen A	Antigen B	Antigen A dan B	Tidak ada

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Penggolongan darah ditentukan antigen permukaan eritrosit, terutama sistem ABO dan Rhesus. Perbedaan antigen dan antibodi plasma sangat krusial dalam transfusi guna mencegah aglutinasi dan hemolisis.

Hemostasis

Hemostasis menghentikan pendarahan melalui tiga tahap:



Sumber: Alexa/pressbooks, modifikasi

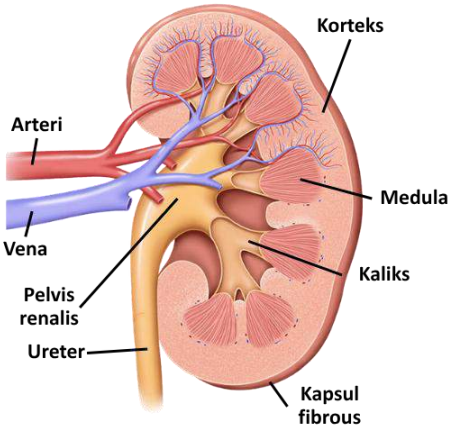
Abnormalitas Darah

Komponen Darah	Penyakit	Deskripsi Singkat
Sel darah merah	Anemia	Kekurangan sel darah merah sehingga suplai oksigen menurun.
Sel darah putih	Leukimia	Kanker darah akibat produksi leukosit tidak terkendali.
Trombosit	Trombositopenia	Jumlah trombosit rendah sehingga pembekuan terganggu.
Plasma darah	Hemofilia	Gangguan pembekuan karena kekurangan faktor pembekuan.

Kelainan darah adalah kondisi yang memengaruhi salah satu atau beberapa bagian dari darah sehingga menyebabkan darah tidak bisa berfungsi secara normal.

3.4 GINJAL & PERKEMIHAN

Anatomi & Fungsi Ginjal



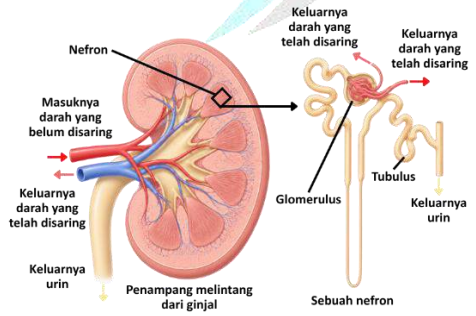
Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Ginjal adalah organ retroperitoneal yang mengatur ion, pH, tekanan darah, dan hormon. Terdiri atas korteks dan medula, ginjal menghasilkan urine yang dialirkan melalui pelvis renalis ke ureter. Urine didorong secara peristaltik menuju kandung kemih sebagai reservoir sebelum akhirnya dibuang melalui uretra untuk menjaga homeostasis cairan tubuh.

Fungsi Ginjal	Deskripsi Singkat
Filtrasi darah	Menyaring limbah metabolisme dari darah.
Ekskresi	Mengeluarkan zat sisa seperti urea, kreatinin, dan asam urat melalui urin.
Regulasi cairan	Menjaga keseimbangan cairan tubuh.
Regulasi elektrolit	Mengatur kadar ion seperti Na^+, K^+, dan Ca^{2+}.
Regulasi asam-basa	Menjaga keseimbangan pH darah.
Regulasi tekanan darah	Mengatur tekanan darah melalui sistem renin-angiotensin.
Produksi hormon	Menghasilkan eritropoietin (pembentukan sel darah merah).
Aktivasi vitamin D	Mengubah vitamin D menjadi bentuk aktif.

Darah ke Ginjal & Persarafannya

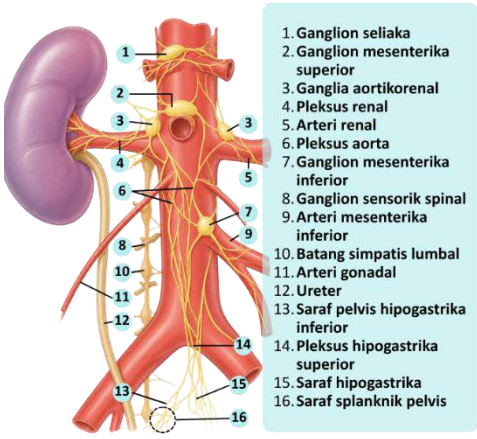
Peredaran darah ke ginjal:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Ginjal menerima 20-25% curah jantung melalui arteri renalis untuk filtrasi plasma di glomerulus. Darah kemudian dialirkan ke kapiler peritubulus untuk reabsorpsi nutrisi.

Persarafan pada ginjal:

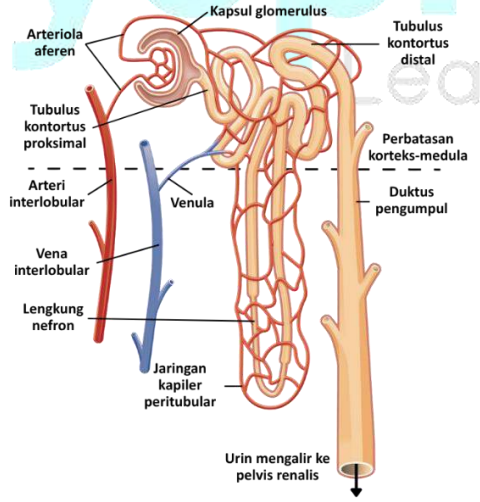


Sumber: ncbi, modifikasi

Saraf simpatis mengatur aliran darah dan laju filtrasi (GFR) dengan mengubah diameter arteriol, serta merangsang pelepasan renin guna mengatur tekanan darah secara sistemik.

Nefron, Glomerulus & Tubulus

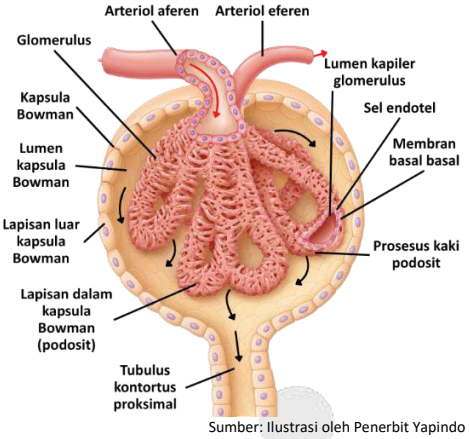
Nefron:



Sumber: pressbooks, modifikasi

Nefron adalah unit fungsional ginjal yang terdiri dari korpuskel renalis (filtrasi darah) dan tubulus renalis (reabsorpsi nutrisi). Melalui proses di tubulus proksimal, lengkung Henle, dan tubulus distal, nefron menyaring darah serta memekatkan urine.

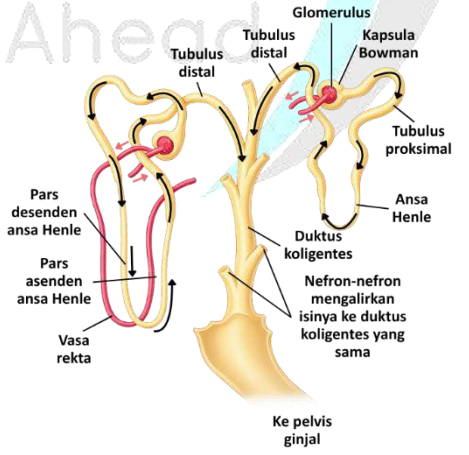
Glomerulus:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Komponen vaskular nefron bagian dominan komponen vaskular nefron adalah glomerulus, suatu kuntum kapiler berbentuk bola tempat filtrasi sebagian air dan zat terlarut dari darah yang melewatinya.

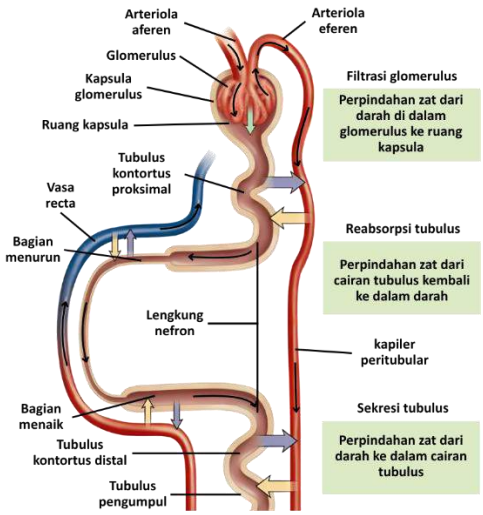
Tubulus:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Komponen tubulus berawal dari kapsula Bowman, suatu "mangkuk" yang berdinding rangkap dan meluas yang melingkupi glomerulus untuk mengumpulkan cairan dari kapiler glomerulus.

Fisiologi Ginjal

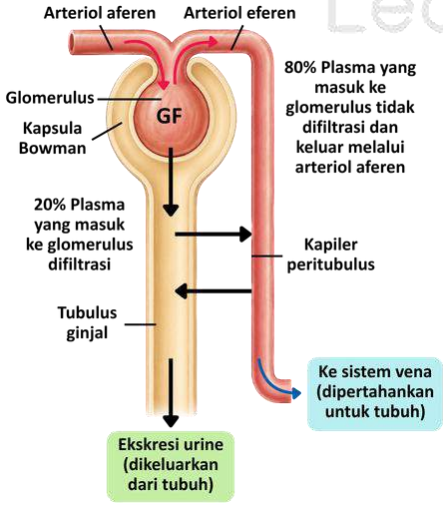


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pembentukan urine melibatkan tiga tahap:

- filtrasi glomerulus yang menyaring air dan zat terlarut
- reabsorpsi tubulus untuk menyerap kembali 99% air dan nutrisi
- sekresi tubulus untuk membuang sisa metabolisme

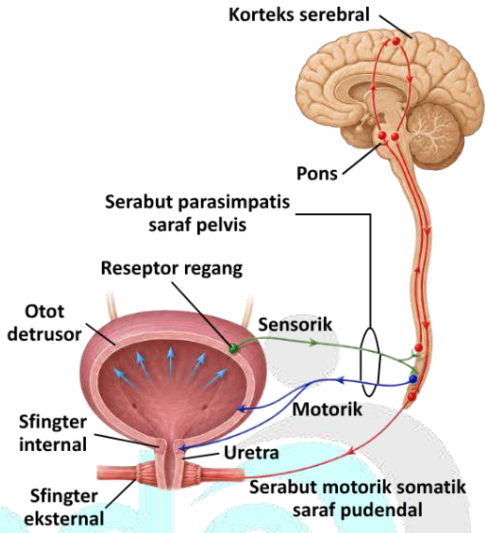
Transport, Penyimpanan, Eliminasi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Urine mengalir dari ginjal ke kandung kemih melalui gerak peristaltik ureter. Kandung kemih menyimpan urine secara elastis hingga volume tertentu sebelum dikeluarkan melalui uretra. Proses penyimpanan dan eliminasi ini dikoordinasikan oleh sistem saraf otonom dan somatik

Sistem dan Refleks Urinasi

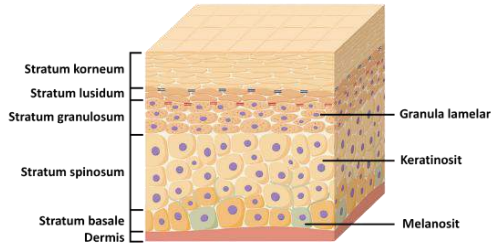


Sumber: Liji/news-medical, modifikasi

Mikturisi diatur oleh interaksi refleks involunter dan kontrol volunter. Regangan kandung kemih memicu stimulasi parasimpatis untuk kontraksi otot detrusor dan relaksasi sfingter internal.

3.5 INTEGUMEN DAN OTOT

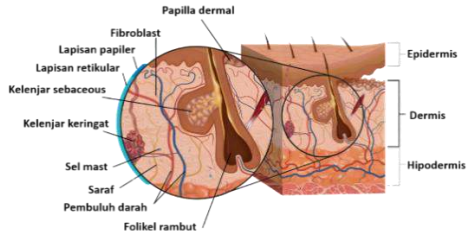
Epidermis



Sumber: lybrate, modifikasi

Epidermis adalah lapisan kulit terluar avaskular yang tersusun atas epitel pipih berlapis keratin. Mengandung keratinosit, melanosit, sel Langerhans, dan sel Merkel, lapisan ini melindungi tubuh dari radiasi serta patogen.

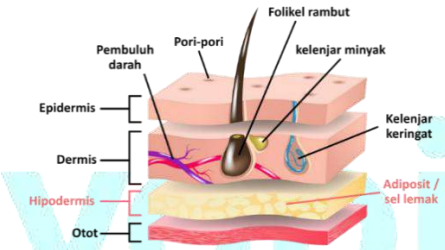
Dermis, Subkutan, Aksesoris



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Dermis menyediakan kekuatan dan fleksibilitas melalui kolagen dan elastin, serta mengandung saraf, pembuluh darah, dan kelenjar.

Hipodermis:



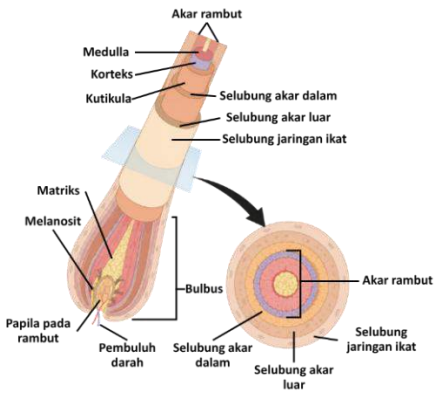
Sumber: FLD/fldscc, modifikasi

Hipodermis menyimpan lemak sebagai isolator dan energi.

Struktur aksesoris:

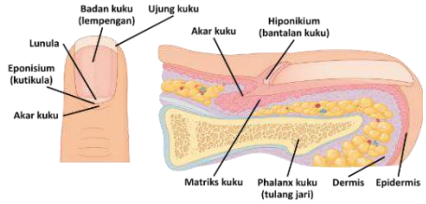
Struktur aksesoris seperti rambut dan kelenjar, membentuk sistem pertahanan dinamis yang melindungi jaringan internal tubuh:

- **Struktur rambut:**



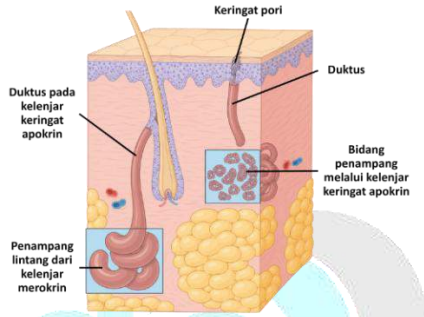
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

- **Struktur kuku:**



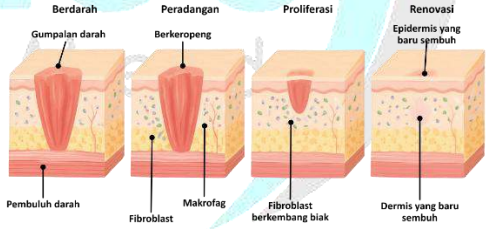
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

- **Struktur kelenjar kulit (kelenjar keringat):**



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

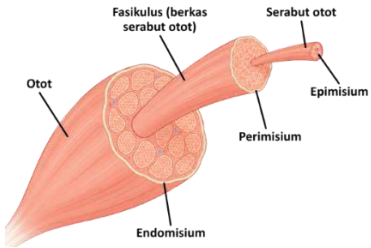
Pengawasan Dari Fungsi Integumen



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Sistem integumen memiliki regulasi lokal yang responsif, seperti pelepasan histamin saat inflamasi dan pengaturan aliran darah untuk termoregulasi.

Otot & Jaringan Sistem Muskular

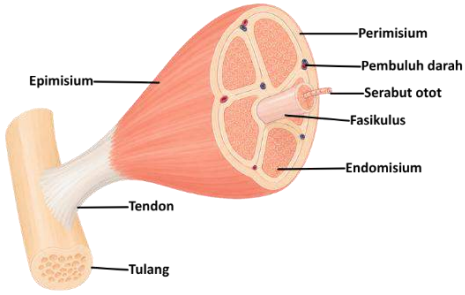


Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Sistem muskular mengubah ATP menjadi energi mekanik melalui kontraksi otot rangka, jantung, dan polos. Memiliki karakteristik eksitabilitas dan kontraktilitas, otot berfungsi untuk pergerakan, menjaga postur, serta termogenesis.

Otot Rangka, Jantung, Polos

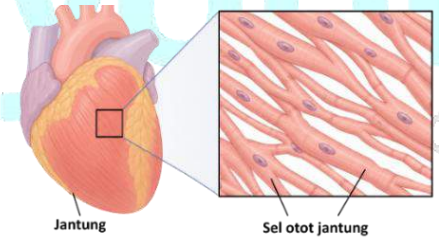
Otot rangka:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Otot rangka bersifat lurik, volunter, dan melekat pada tulang untuk kekuatan.

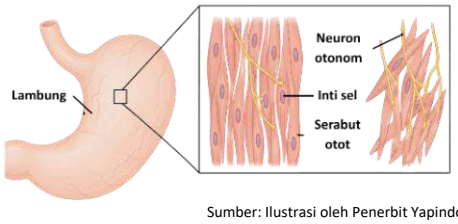
Otot jantung:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Otot jantung bercabang, involunter, memiliki diskus interkalaris untuk kontraksi ritmis seirama.

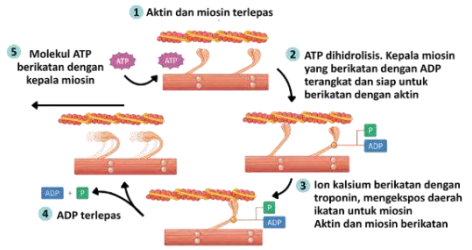
Otot polos:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Otot polos berbentuk gelendong tanpa lurik, bekerja lambat secara otonom di organ dalam.

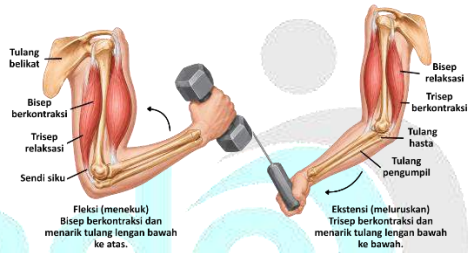
Kontraksi Otot



Sumber: Mareta/roboguru, modifikasi

Mekanisme kontraksi otot rangka dijelaskan melalui Teori Pergeseran Filamen (*Sliding Filament Theory*).

Mekanika Otot & Sistem Otot

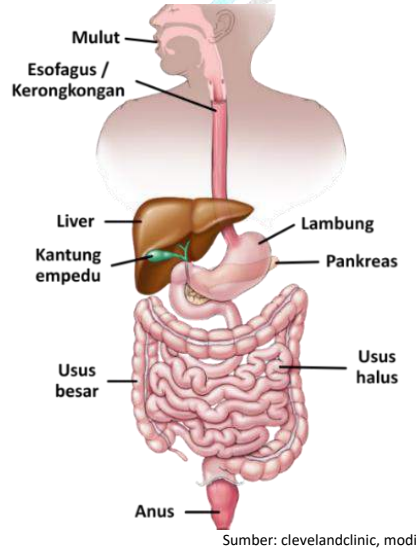


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Mekanika otot menggunakan prinsip pengungkit tulang dan sendi melalui kerja kelompok agonis, antagonis, serta sinergis.

3.6 SISTEM PENCERNAAN

Anatomi dan Fisiologi

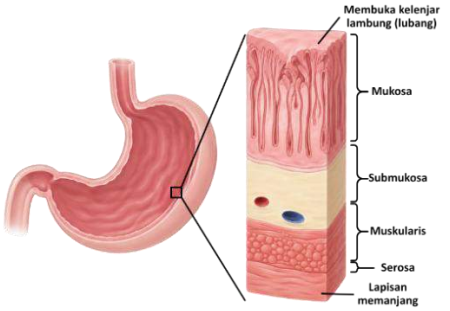


Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Sistem pencernaan manusia terdiri dari saluran gastrointestinal (saluran GI) atau saluran alimentari yang memanjang dari mulut hingga anus, serta organ pencernaan aksesori seperti gigi, lidah, kelenjar ludah, hati, kantung empedu, dan pankreas. Secara fisiologis, sistem ini menjalankan proses:

Organ	Fungsi Utama
Rongga mulut (gigi, lidah)	Pengolahan mekanik dan pencampuran dengan saliva.
Kelenjar ludah	Menghasilkan saliva yang mengandung enzim pemecah karbohidrat.
Faring	Mendorong makanan ke esofagus.
Esofagus	Menyalurkan makanan ke lambung.
Lambung	Pencernaan kimiawi (asam & enzim) dan mekanik.
Hati	Menghasilkan empedu untuk pencernaan lemak.
Kandung empedu	Menyimpan dan memekatkan empedu.
Pankreas	Menghasilkan enzim pencernaan dan hormon.
Usus halus	Pencernaan lanjutan dan penyerapan nutrisi.
Kolon (usus besar)	Penyerapan air dan pembentukan feses.

Lapisan dinding

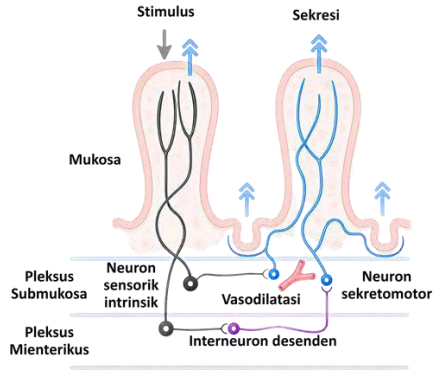


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Dinding saluran gastrointestinal terdiri atas empat lapisan utama:

- Mukosa untuk sekresi dan penyerapan
- Submukosa yang kaya pembuluh darah serta saraf meissner
- Muskularis eksterna untuk gerak peristaltik melalui saraf auerbach
- Serosa sebagai pelindung luar

Inervasi Neural GIT



Sumber: springer, modifikasi

Sistem pencernaan memiliki sistem kendali saraf yang unik dan mandiri yang dikenal sebagai Sistem Saraf Enterik (SSE), yang sering disebut sebagai "otak kedua" di usus.

Pencernaan Mekanik & Kimia Fase

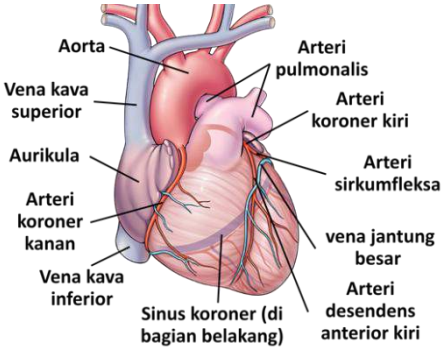
Pencernaan terjadi melalui dua mekanisme yang bekerja secara sinergis:

Jenis Pencernaan	Deskripsi
Pencernaan mekanik	Penghancuran fisik makanan tanpa mengubah komposisi kimia, seperti pengunyahan, pengadukan di lambung, dan segmentasi usus.
Pencernaan kimiawi	Pemecahan makanan melalui reaksi enzimatis menjadi molekul sederhana.

3.7 KARDIOVASKULAR

Anatomi Kardiovaskular

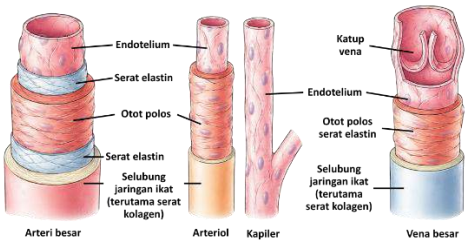
Jantung:



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Jantung adalah organ muskular berongga yang berfungsi sebagai pompa pusat dalam sistem sirkulasi, terletak di dalam rongga dada (mediastinum) dan dilindungi oleh lapisan perikardium.

Pembuluh darah:

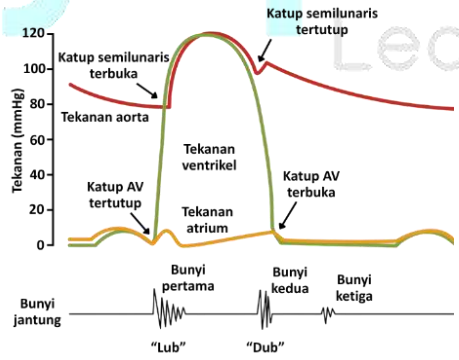


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pembuluh darah sendiri membentuk jaringan transportasi tertutup yang terdiri atas arteri, kapiler, dan vena. Arteri memiliki dinding yang tebal, elastis, dan berotot untuk menahan tekanan darah yang tinggi saat membawa darah menjauh dari jantung.

Siklus dan Aktivitas Listrik Jantung

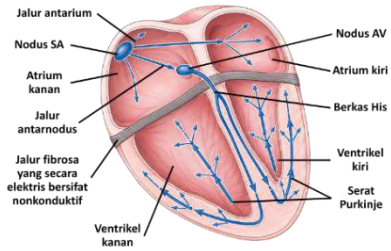
Siklus jantung:



Sumber: Oliver/teachmeanatomy, modifikasi

Siklus jantung merupakan rangkaian peristiwa mekanis yang terjadi secara lengkap dalam satu detak jantung, yang terdiri atas fase sistol dan diastol. Selama diastol, ruang-ruang jantung relaksasi dan terisi oleh darah; kemudian sistol atrium mendorong sisa darah ke ventrikel, diikuti oleh sistol ventrikel yang memompa darah ke arteri besar.

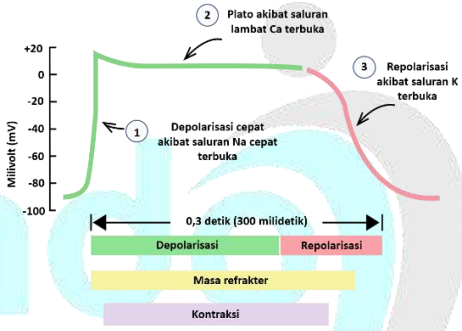
Aktivitas listrik jantung:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Aktivitas listrik dimulai pada Nodus Sinoatrial (SA Node) yang terletak di atrium kanan, bertindak sebagai pemacu jantung alami (*pacemaker*).

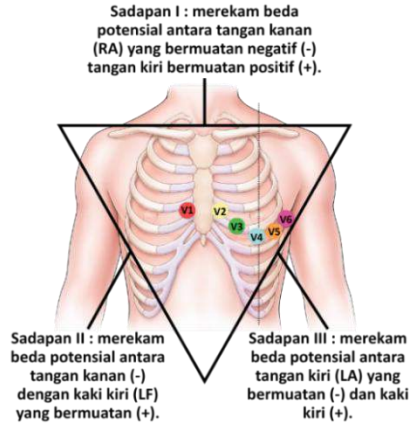
Potensial Aksi Jantung



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Potensial aksi pada sel otot jantung (kardiomiosit) memiliki karakteristik unik yang membedakannya secara fungsional dari potensial aksi pada sel saraf atau otot rangka.

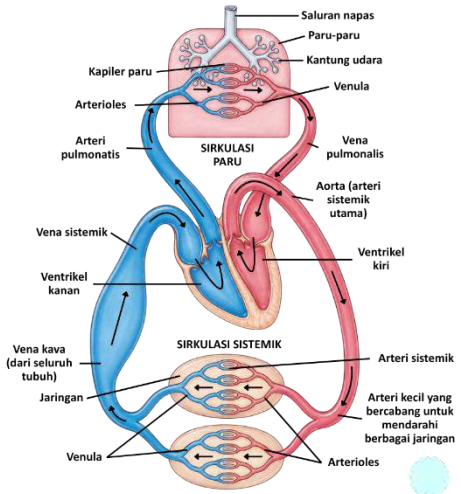
Elektrokardiogram (EKG)



Sumber: Mike/litfl, modifikasi

Elektrokardiogram atau EKG adalah alat diagnostik medis yang merekam aktivitas listrik kumulatif jantung melalui elektroda yang ditempatkan pada kulit.

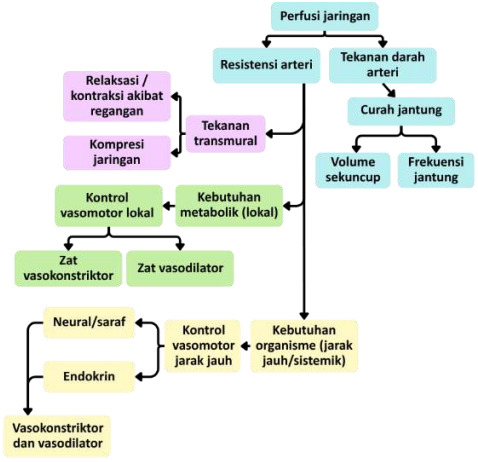
Fisiologi Kardiovaskular



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Fisiologi kardiovaskular berfokus pada dinamika aliran darah dan faktor-faktor yang memengaruhi kemampuan sistem untuk memenuhi kebutuhan oksigen serta nutrisi jaringan.

Pengaturan Kardiovaskular



Sumber: sciencedirect, modifikasi

Tubuh manusia memiliki mekanisme kontrol yang sangat canggih untuk mengatur tekanan darah dan aliran darah melalui koordinasi sistem saraf dan hormonal.

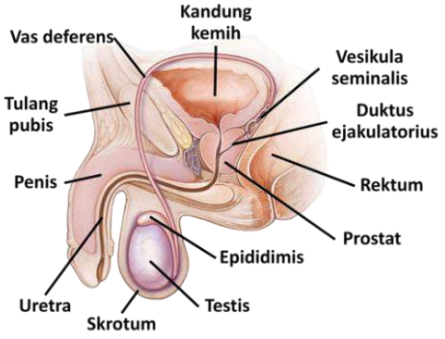
Respons Kardiovaskular saat Latihan

Variabel	Perubahan	Inti Mekanisme
Kecepatan jantung	Meningkat	Aktivasi simpatis ↑, parasimpatis ↓
Aliran balik vena	Meningkat	Vasokonstriksi vena + pompa otot & napas
Isi sekuncup	Meningkat	Mekanisme Frank-Starling
Curah jantung	Meningkat	HR ↑ + SV ↑
Aliran ke otot & jantung	Meningkat	Vasodilatasi lokal dominan
Aliran ke otak	Relatif tetap	Autoregulasi otak
Aliran ke kulit	Meningkat	Termoregulasi (pelepasan panas)
Aliran ke organ lain	Menurun	Vasokonstriksi simpatis
Resistensi perifer total	Menurun	Vasodilatasi otot lebih dominan
Tekanan arteri rata-rata	Meningkat ringan	CO ↑ > penurunan resistensi

Saat seseorang melakukan latihan fisik, sistem kardiovaskular mengalami adaptasi besar-besaran untuk mendukung peningkatan kebutuhan metabolisme otot rangka yang sedang bekerja.

3.8 SISTEM REPRODUKSI

Anatomi & Fungsi Sistem Reproduksi Pria

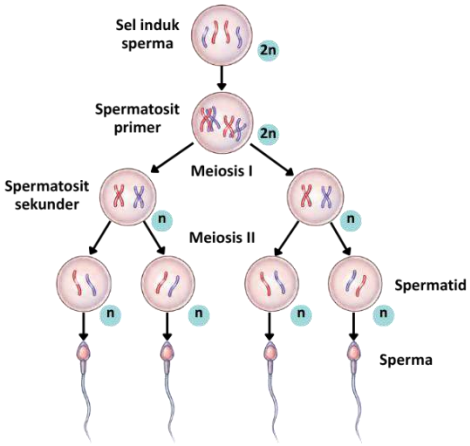


Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Sistem reproduksi pria dirancang untuk menghasilkan, memelihara, dan menyalurkan sel kelamin pria

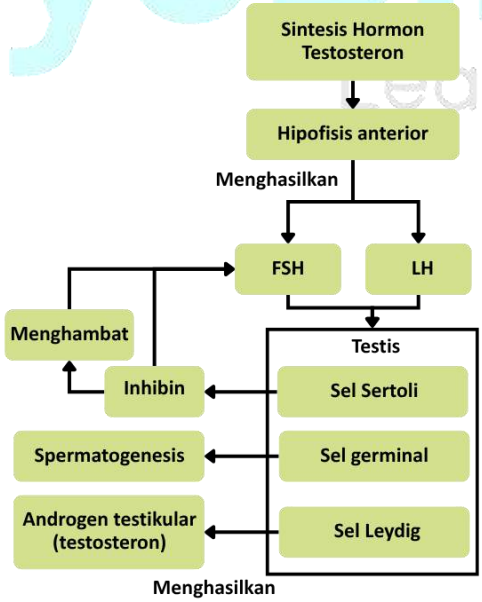
(spermatozoa) serta menyekresikan hormon seks pria.

Spermatogenesis:



Spermatogenesis adalah proses pembentukan dan pemasakan spermatozoa. Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus.

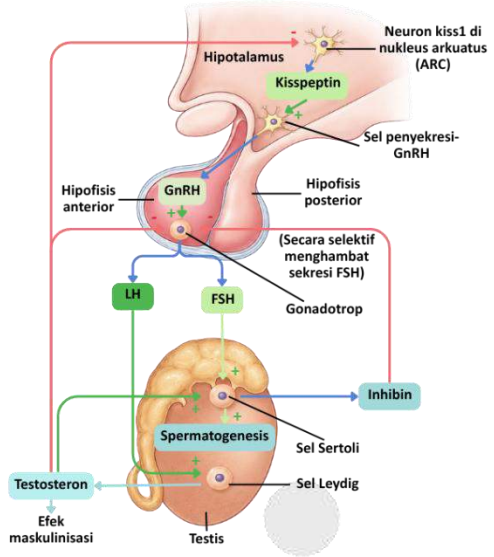
Sintesis Hormon Androgen



Sumber: labpedia, modifikasi

Testosteron adalah hormon androgen utama yang diproduksi oleh sel-sel interstisial (sel Leydig) yang terletak di antara tubulus seminiferus di testis.

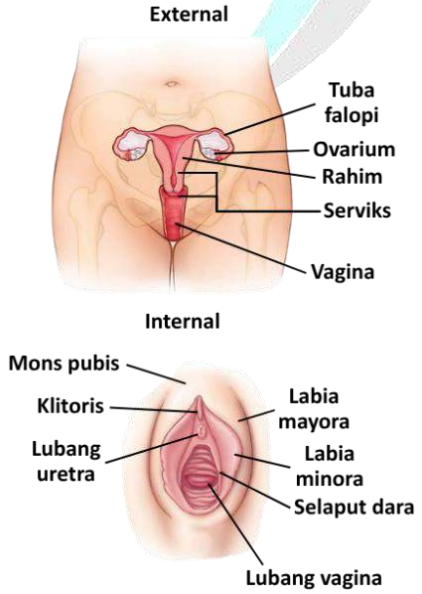
Feedback & Pengaturan Hormonal



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pengaturan hormonal pada pria dikendalikan oleh poros Hipotalamus-Hipofisis-Testis (HPT axis). Mekanisme ini dimulai di hipotalamus yang melepaskan Gonadotropin-Releasing Hormone (GnRH) dalam pola pulsatif.

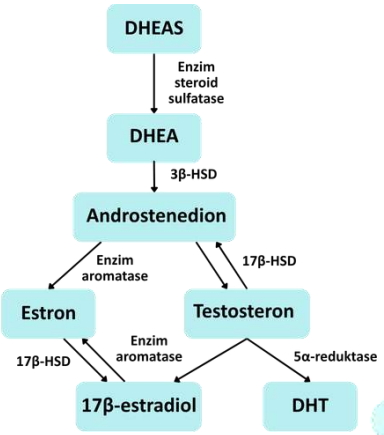
Anatomi & Fungsi Sistem Reproduksi Wanita



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Sistem reproduksi wanita jauh lebih kompleks karena tidak hanya menghasilkan gamet (oosit), tetapi juga harus menyediakan lingkungan yang mendukung untuk pembuahan, implantasi, dan pertumbuhan janin selama sembilan bulan.

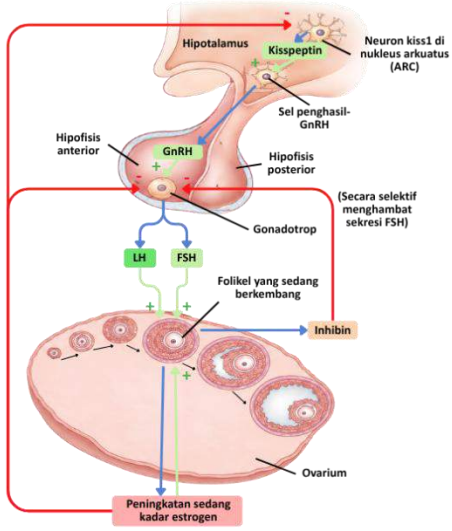
Sintesis Hormon Estrogen



Sumber: Peter/biochemia-medica, modifikasi

Hormon estrogen merupakan salah satu hormon steroid kelamin, karena mempunyai struktur kimia berintikan steroid yang secara fisiologik sebagian besar diproduksi oleh kelenjar endokrin sistem produksi wanita.

Feedback & Pengaturan Hormonal

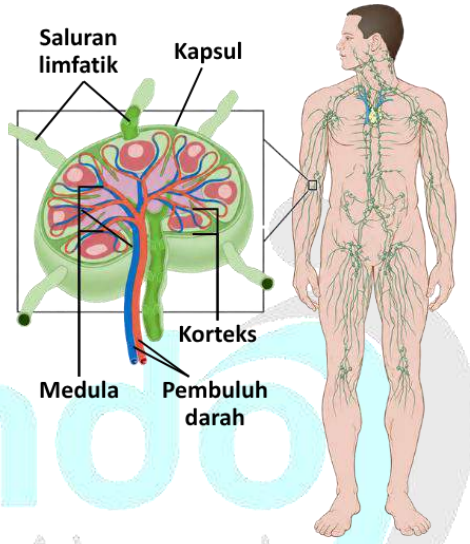


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Reproduksi wanita diatur oleh siklus reproduksi yang melibatkan perubahan hormonal yang kompleks antara hipotalamus, hipofisis anterior, ovarium, dan uterus. Siklus ini biasanya berlangsung 28 hari dan terdiri dari siklus ovarium dan siklus uterus (menstruasi).

3.9 LIMFATIK & IMUNITAS

Struktur & Fungsi Sistem Limfatik



Sistem limfatik

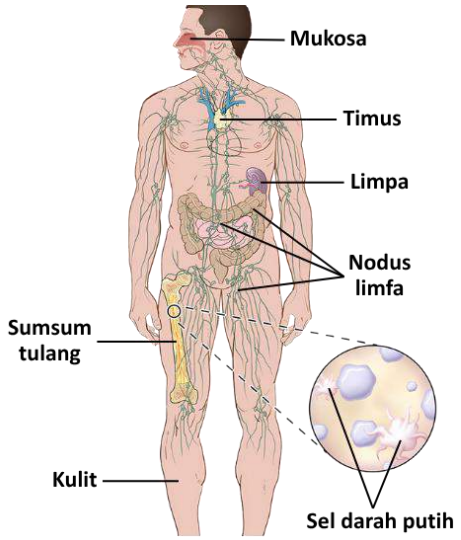
Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Sistem limfatik terdiri dari cairan bening yang disebut limfa, pembuluh limfatik, jaringan limfoid, dan organ limfoid seperti kelenjar getah bening, limpa, timus, dan amandel (tonsil). Sistem ini menjalankan tiga fungsi utama:

Fungsi	Deskripsi
Keseimbangan cairan	Mengembalikan kelebihan cairan dari jaringan ke darah.
Pertahanan tubuh	Menyaring limfe melalui kelenjar limfe untuk melawan patogen.
Transport lemak	Mengangkut lemak hasil pencernaan dari usus ke sirkulasi darah.
Pengembalian protein	Mengembalikan protein plasma yang bocor dari kapiler ke darah.

Yapindo Leap Ahead

Innate immunity (imunitas bawaan)



Sumber: clevelandclinic, modifikasi-

Imunitas bawaan adalah garis pertahanan pertama dan kedua yang bersifat non-spesifik, artinya ia merespons semua ancaman dengan cara yang sama tanpa memandang identitas spesifik patogen.

Imunitas, Sel & Antibodi Mediasi



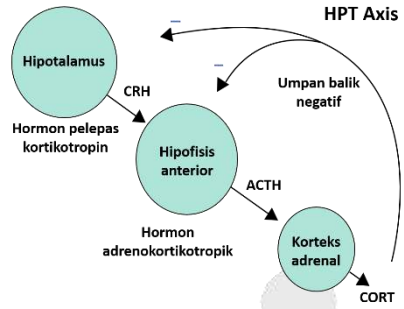
Sumber: Hamid/sciencedirect, modifikasi

Imunitas adaptif adalah sistem pertahanan spesifik yang memiliki kemampuan untuk mengenali, merespons, dan mengingat patogen tertentu. Sistem ini melibatkan limfosit yang matang menjadi dua jenis utama: sel T dan sel B. Ada dua jenis respons utama dalam imunitas adaptif:

- Imunitas seluler (sel mediasi)
- Imunitas humoral (antibodi mediasi)

Stress & Imunitas, Penuaan Sel

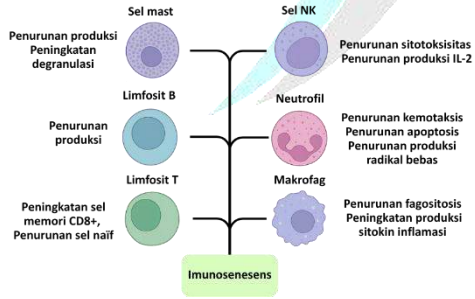
Stres kronis:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Stres kronis memicu pelepasan hormon kortisol yang berkelanjutan dari kelenjar adrenal. Kortisol dalam jangka panjang memiliki efek imunosupresif yang kuat. Kortisol menghambat produksi sitokin, mengurangi jumlah limfosit dalam sirkulasi, dan melemahkan aktivitas sel pembunuh alami.

Penuaan Sel Imun:

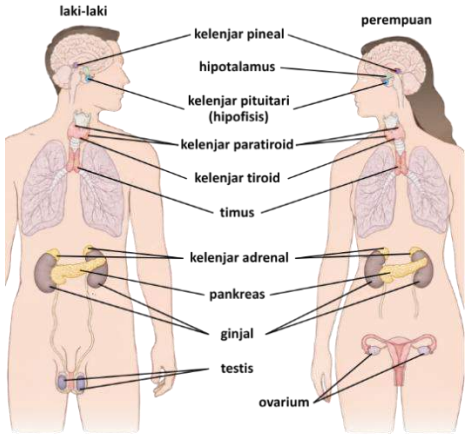


Sumber: Anna/frontiersin, modifikasi

Penuaan (*imunosenesens*) menyebabkan penurunan fungsional sistem imun secara bertahap. Hal ini ditandai dengan atrofi kelenjar timus yang mengakibatkan penurunan produksi sel T baru, serta penurunan kemampuan sel B dalam menghasilkan antibodi yang efektif terhadap patogen baru.

3.10 SISTEM ENDOKRIN

Definisi



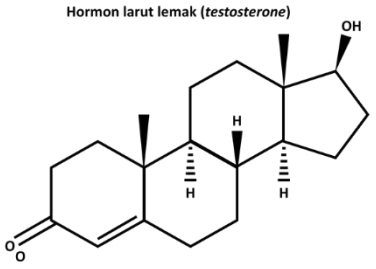
Sumber: David/Britannica, modifikasi

Sistem endokrin adalah sistem regulasi tubuh yang bekerja melalui pembawa pesan kimiawi yang disebut hormon.

Klasifikasi Hormonal

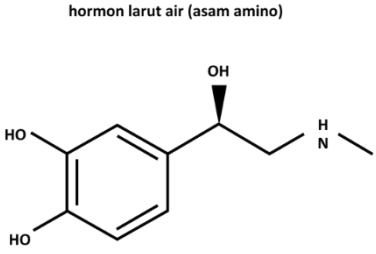
Hormon diklasifikasikan berdasarkan struktur kimianya, yang menentukan cara mereka berinteraksi dengan sel target. Ada dua kategori utama:

- Hormon larut lemak (*lipid-soluble*)



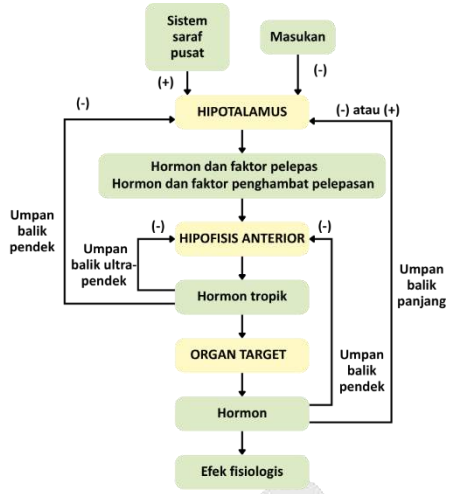
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

- Hormon larut air (*water-soluble*)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pengaturan Sekresi Hormonal



Sumber: basicmedicalkey, modifikasi

Sekresi hormon harus diatur secara ketat untuk mencegah kelebihan atau kekurangan yang dapat mengganggu homeostasis. Ada tiga jenis rangsangan yang memicu pelepasan hormone:

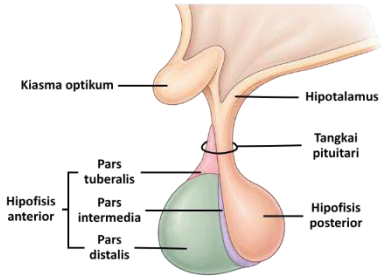
Jenis Rangsangan	Mekanisme	Contoh
Humoral	Perubahan kadar zat kimia dalam darah memicu pelepasan hormon	Glukosa rendah → pankreas melepas glukagon
Saraf	Impuls saraf langsung merangsang kelenjar	Saraf simpatis → medula adrenal melepas epinefrin
Hormonal	Hormon lain merangsang pelepasan hormon berikutnya	Hipofisis anterior → merangsang kelenjar tiroid

Kelenjar Sistem Endokrin

Kelenjar	Hormon Utama
Hipofisis	GH, TSH, ACTH
Tiroid	Tiroksin
Pankreas	Insulin, Glukagon
Adrenal	Adrenalin, Kortisol
Pineal	Melatonin
Gonad	Estrogen, Progesteron, Testosteron
Paratiroid	Parathormon (PTH)

Kelenjar endokrin tersebar di seluruh tubuh dengan fungsi yang sangat spesifik.

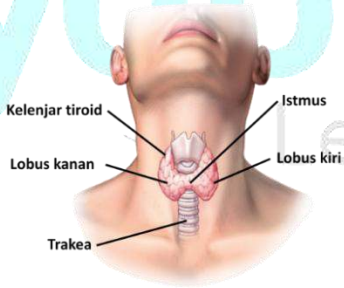
Kelenjar Hipofisis:



Sumber: Henry/radiopaedia, modifikasi

Kelenjar Hipofisis, yang sering disebut "master gland," terletak di bawah hipotalamus dan mengeluarkan hormon yang mengontrol kelenjar lain (seperti TSH, ACTH, FSH).

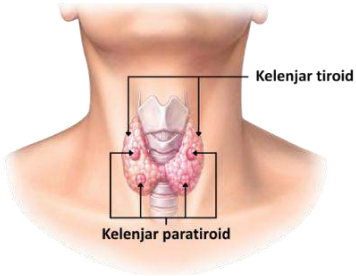
Kelenjar Tiroid:



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Kelenjar Tiroid di leher mengatur laju metabolisme basal melalui hormon tiroksin.

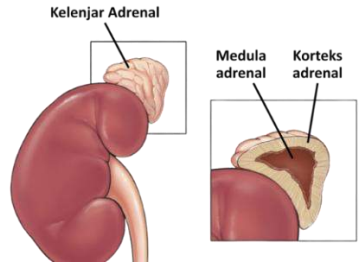
Kelenjar Paratiroid:



Sumber: wikipedia, modifikasi

Kelenjar Paratiroid mengatur kadar kalsium darah, yang sangat penting untuk fungsi saraf dan otot.

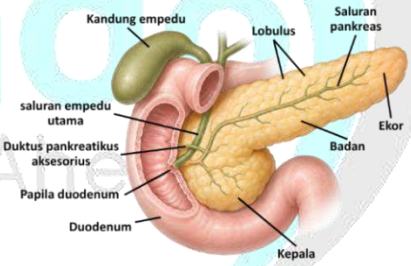
Kelenjar Adrenal:



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Kelenjar Adrenal terletak di atas ginjal; korteksnya menghasilkan kortisol (stres) dan aldosteron (keseimbangan garam), sementara medulanya menghasilkan adrenalin untuk respons darurat.

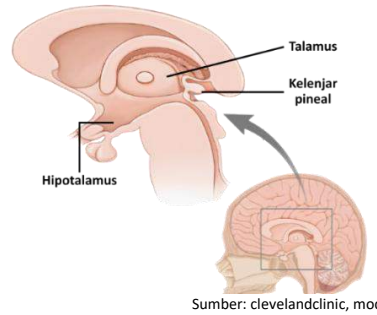
Pankreas:



Sumber: wikipedia, modifikasi

Pankreas adalah kelenjar campuran yang menghasilkan insulin untuk menurunkan gula darah dan glukagon untuk menaikkannya.

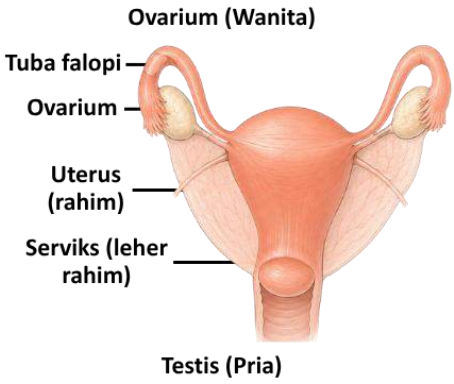
Kelenjar Pineal:



Sumber: clevelandclinic, modifikasi

Kelenjar Pineal di otak menghasilkan melatonin yang mengatur siklus tidur-bangun.

Gonad (testis dan ovarium):



Sumber: National Cancer Institute, modifikasi

Gonad (testis dan ovarium) menghasilkan hormon seks yang mengatur fungsi reproduksi.

Setiap kelenjar bekerja secara otonom namun tetap di bawah koordinasi sistem saraf pusat untuk memastikan semua fungsi metabolisme tubuh berjalan selaras

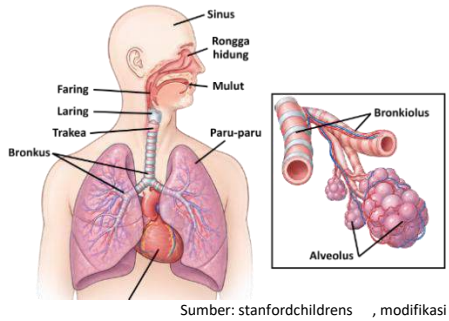
Susunan Interaksi Hormon

Ada tiga jenis interaksi hormon yang utama:

Jenis Interaksi	Deskripsi Singkat
Permisif	Satu hormon membutuhkan hormon lain agar dapat bekerja optimal.
Sinergis	Dua atau lebih hormon bekerja bersama menghasilkan efek lebih besar.
Antagonis	Satu hormon menghambat atau melawan efek hormone lain.

3.11 SISTEM PERNAPASAN

Fisiologi Pernapasan

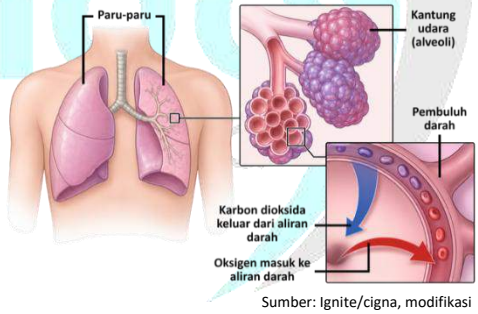


Sumber: stanfordchildrens , modifikasi

Fisiologi pernapasan memastikan oksigen sampai ke sel tubuh dan karbon dioksida dibuang ke luar. Proses ini terbagi menjadi empat peristiwa utama:

- Ventilasi paru
- Respirasi eksternal
- Transportasi gas
- Respirasi internal

Pernapasan & Fungsi Alveolus



Sumber: Ignite/cigna, modifikasi

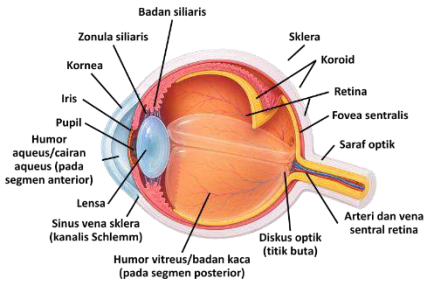
Alveolus adalah unit fungsional paru-paru tempat pertukaran gas terjadi; permukaannya yang sangat tipis dan dilapisi surfaktan mencegah kolaps serta mempermudah difusi.

3.12 SISTEM PENGINDERAAN

Anatomi dan Fisiologi

Sistem penginderaan manusia adalah jendela bagi sistem saraf pusat untuk mempersepsikan lingkungan sekitar. Sistem ini terdiri dari panca indra: penglihatan, pendengaran dan keseimbangan, penciuman, pengecapan, dan perabaan.

1. **Indra Penglihat** memiliki fotoreseptor (sel batang dan kerucut) yang mendeteksi cahaya

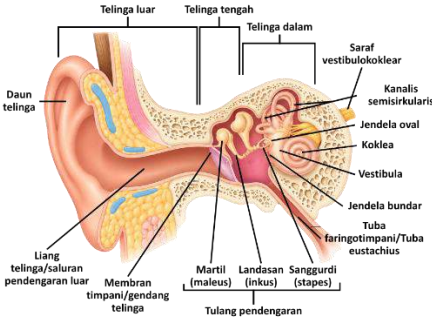


Sumber: nurseslabs, modifikasi

Cara kerja:

Tahap	Deskripsi
Penerimaan cahaya	Cahaya masuk ke mata dan ditangkap oleh reseptor di retina, lalu diubah menjadi impuls saraf.
Pengiriman sinyal	Impuls saraf dikirim melalui saraf optik ke otak.
Pemrosesan di otak	Otak menginterpretasikan sinyal menjadi gambar.
Fokus lensa	Lensa mengatur fokus agar cahaya jatuh tepat di retina.

2. **Indra Pendegar** mengandung mekanoreseptor berupa sel rambut yang mendeteksi getaran suara dan perubahan posisi kepala untuk keseimbangan

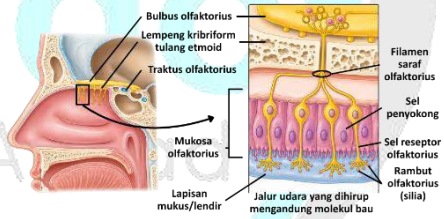


Sumber: nurseslabs, modifikasi

Cara kerja:

Tahap	Deskripsi
Penangkapan suara	Daun telinga menangkap dan mengarahkan gelombang suara ke saluran telinga.
Getaran gendang telinga	Gelombang suara menggetarkan gendang telinga.
Penguatan getaran	Tulang pendengaran (martil, landasan, sanggurdi) memperkuat dan meneruskan getaran.
Transmisi ke koklea	Getaran diteruskan ke rumah siput (koklea) melalui jendela oval.
Perubahan jadi impuls	Cairan di koklea menggerakkan sel rambut yang mengubah getaran menjadi impuls saraf.
Pengiriman sinyal	Impuls dikirim melalui saraf pendengaran ke otak.
Persepsi suara	Otak menginterpretasikan impuls menjadi sensasi bunyi.

3. **Indra Pencium** memiliki kemoreseptor yang mendeteksi molekul kimia di udara atau makanan

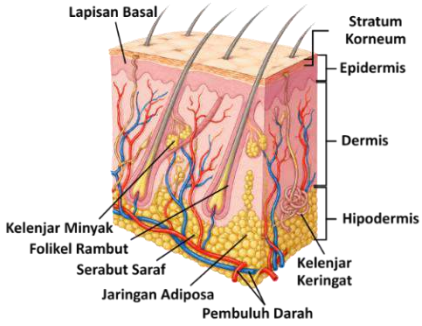


Sumber: nurseslabs, modifikasi

Cara kerja:

Tahap	Deskripsi
Masuknya udara	Udara yang mengandung molekul bau masuk ke rongga hidung.
Deteksi molekul	Molekul bau berinteraksi dengan reseptor pembau (olfaktori).
Perubahan jadi impuls	Reseptor mengubah rangsangan kimia menjadi impuls saraf.
Pengiriman sinyal	Impuls saraf dikirim ke otak melalui saraf olfaktori.
Persepsi bau	Otak menginterpretasikan sinyal menjadi sensasi bau.

4. **Indra Peraba** memiliki berbagai jenis reseptor taktil untuk tekanan, suhu, dan nyeri.

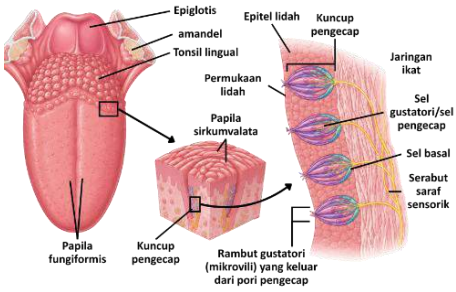


Sumber: Toran/mikayladebarros, modifikasi

Cara kerja:

Tahap	Deskripsi Singkat
Penerimaan rangsang	Kulit menerima rangsangan seperti sentuhan, suhu, dan nyeri.
Deteksi reseptor	Reseptor kulit mendeteksi jenis rangsangan yang diterima.
Perubahan jadi impuls	Rangsangan diubah menjadi impuls saraf.
Pengiriman sinyal	Impuls dikirim ke otak melalui saraf.
Respons tubuh	Otak mengolah sinyal dan memicu respons, termasuk refleks.

5. **Indra Pengecap** memiliki permukaan atas yang penuh dengan tonjolan (papila)



Sumber: nurseslabs, modifikasi

Cara kerja:

Tahap	Deskripsi
Pengolahan awal	Makanan dikunyah dan bercampur dengan saliva.
Pelarutan zat	Zat makanan larut dan merangsang reseptor pengecap.
Deteksi reseptor	Taste buds (kuncup pengecap) mendeteksi rasa.
Pengiriman sinyal	Impuls saraf dikirim ke otak melalui saraf pengecap.
Persepsi rasa	Otak menginterpretasikan sinyal menjadi sensasi rasa.

Mekanisme Kerja Alat Pancaindra

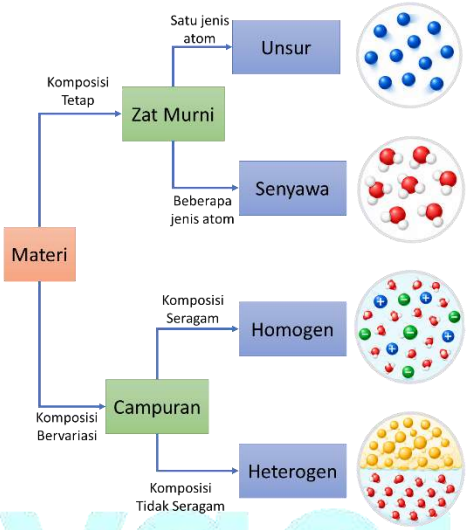
Indera	Jenis Reseptor	Fungsi Utama
Penglihat	Fotoreseptor (batang & kerucut)	Mendeteksi cahaya, warna, dan bentuk.
Pendengar	Mekanoreseptor (sel rambut)	Mengubah getaran menjadi suara dan menjaga keseimbangan.
Pencium	Kemoreseptor (olfaktori)	Mendeteksi bau serta memicu respons emosi.
Peraba	Mekanoreseptor, termoreseptor, dan nosiseptor	Mendeteksi sentuhan, suhu, dan nyeri.
Pengecap	Kemoreseptor (taste buds)	Mengenali rasa dasar.

Mekanisme kerja pancaindra didasarkan pada proses transduksi, yaitu pengubahan rangsangan fisik atau kimia menjadi sinyal listrik saraf.

KIMIA DASAR

4.1 ILMU-ILMU DASAR KIMIA

Jenis Kimia Materi



Sumber: John Bryan Rolloque/FilipiKnow, modifikasi

Materi adalah segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Secara umum, materi dibagi menjadi dua, yaitu **zat murni** dan **campuran**.

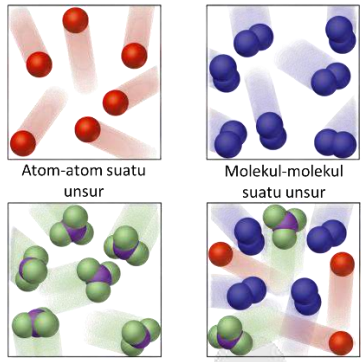
Sifat Kimia Materi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sifat kimia adalah karakteristik suatu zat yang berkaitan dengan kemampuan untuk mengalami perubahan menjadi zat lain melalui reaksi kimia.

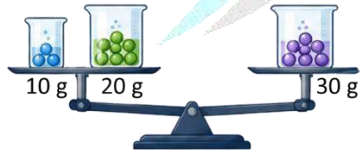
Perbedaan Unsur, Senyawa dan Campuran



Sumber: parneysscience site, modifikasi

- **Unsur:** zat murni yang terdiri atas satu jenis atom dan tidak dapat diuraikan lagi dengan reaksi kimia biasa.
- **Senyawa:** zat murni terbentuk atas dua atau lebih unsur yang bergabung secara kimia dengan perbandingan tetap.
- **Campuran:** gabungan dua atau lebih zat tidak terikat secara kimia dan memiliki perbandingan yang tidak tetap.

Hukum tentang Materi

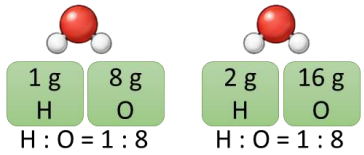


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- Hukum Kekekalan Massa: massa zat sebelum dan sesudah reaksi tetap sama.

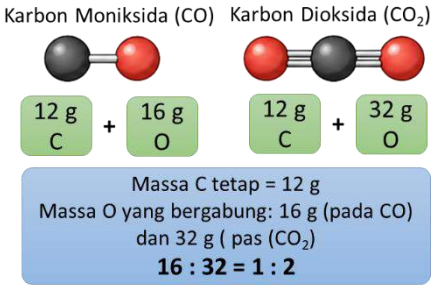
Air (H_2O)

Sampel 1:9 g air Sampel 2:18 g air



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- Hukum Perbandingan Tetap: suatu senyawa selalu memiliki perbandingan massa unsur yang sama.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

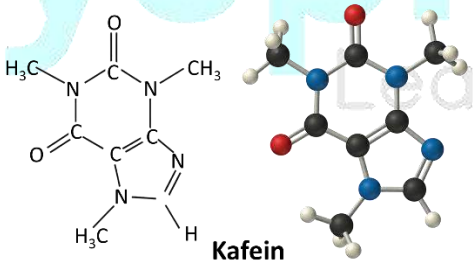
- Hukum Perbandingan Berganda: jika dua unsur membentuk lebih dari satu senyawa, perbandingan massa salah satu unsur dengan massa tetap unsur lainnya berupa bilangan bulat sederhana.

Raymond Chang (2010)

4.2 RUMUS DAN KONSEP MOL

Rumus

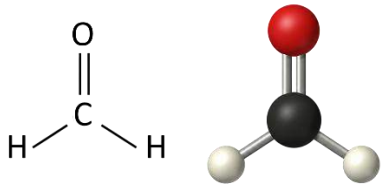
Rumus Molekul

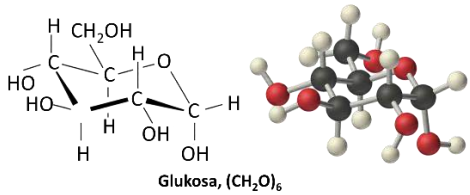


Sumber: chem.libretexts (CC BY-NC-SA 4.0), modifikasi

Rumus molekul merupakan representasi eksak dari komposisi atom-atom yang menyusun satu unit terkecil dari suatu senyawa obat.

Rumus Empiris





Sumber: chem.libretexts (CC BY-NC-SA 4.0), modifikasi

Rumus empiris memberikan rasio perbandingan paling sederhana dari atom-atom penyusunnya berdasarkan hasil analisis elemen (seperti kadar Karbon, Hidrogen, dan Nitrogen), namun tidak mencerminkan berat molekul sebenarnya yang menentukan aktivitas biologis.

Contoh

Terdapat suatu senyawa organik yang tersusun dari 40 persen karbon, 6,6 persen hidrogen, dan sisanya oksigen. Jika Ar C = 12, H = 1, O = 16, serta Mr sebesar 90, maka tentukan rumus empiris dan rumus molekul senyawa organik tersebut.

Jawab:

Persentase C = 40%, H = 6,6%, sehingga persentase O = 100 – (40 + 6,6) = 53,4%

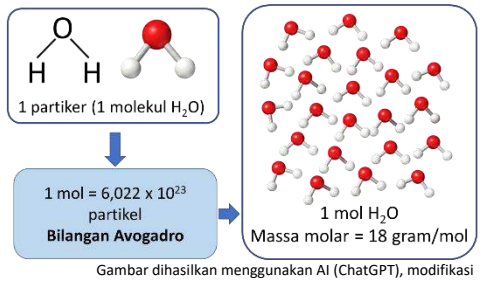
Mol C : Mol H : Mol O
= 40/12 : 6,6/1 : 53,4/16
= 3,3 : 6,6 : 3,3
= 1 : 2 : 1

Sehingga rumus empirisnya ialah CH_2O.

$(CH_2O)n = 90$
$(1\ Ar\ C + 2\ Ar\ H + 1\ Ar\ O)n = 90$
$(1 \times 12 + 2 \times 1 + 1 \times 16)n = 90$
$30n = 90$
$n = 3$

Sehingga rumus molekul senyawanya ialah $(CH_2O)_3$ atau $C_3H_6O_3$.

Konsep Mol



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Konsep mol adalah satuan penting dalam kimia yang digunakan untuk menghitung jumlah partikel yang sangat kecil, seperti atom, molekul, atau ion, melalui pengukuran massa. **Satu mol didefinisikan sebagai jumlah zat yang mengandung 6,022 × 10^{23} partikel,** yang disebut sebagai konstanta Avogadro. Konsep ini didasarkan pada **jumlah atom yang terdapat dalam 12 gram Karbon-12.** Dalam perhitungan kimia, massa molar memiliki satuan gram/mol dan nilainya sama dengan massa molekul relatif suatu zat.

4.3 PENULISAN TATA NAMA

Senyawa Ionik

Senyawa ionik dalam farmasi sering ditemukan sebagai bentuk garam dari zat aktif obat untuk meningkatkan kelarutannya dalam air. Penamaan senyawa ionik biner (dua unsur) mengikuti aturan penyebutan nama kation (logam) terlebih dahulu, diikuti dengan nama anion (non-logam) yang diberi akhiran -ida.

Contoh 1
Kation logam dengan 1 macam biloks
Rumus:

Logam (+) – Nonlogam (-) + ida

Contoh: NaBr, persamaan reaksi NaBr
$NaBr \rightarrow Na^+ + Br^-$

Na Br
(1) (2)
Natrium *(kation logam)* — Brom + ida *(anion nonlogam)*

NaBr diberi nama **natrium bromida**.

Contoh 2
Kation logam dengan 2 macam biloks
Rumus:

Logam (+) – Biloks logam – Nonlogam (-) + ida

Contoh: $CuCl_2$, persamaan reaksi $CuCl_2$
$CuCl_2 \rightarrow Cu^{2+} + 2Cl^-$

(2) (II) *(biloks logam)*
Cu Cl_2
(1) (3)
Tembaga *(kation logam)* — Klor + ida *(anion nonlogam)*

$CuCl_2$ diberi nama **tembaga(II) klorida**.

Senyawa Molekular

Senyawa molekular atau kovalen terbentuk dari sesama unsur non-logam yang saling berbagi elektron. Sistem penamaannya menggunakan awalan Yunani seperti mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, dan seterusnya untuk menunjukkan jumlah atom yang ada dalam molekul.

Contoh 1
Kation dan anion nonlogam yang membentuk satu senyawa, umumnya kation dari golongan IA dan anion dari golongan VIA, VIIA.
Rumus:

Nonlogam (+) – Nonlogam (-) + ida

Contoh: H_2S, persamaan reaksi H_2S
$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{2-}$

H_2 S
(1) (2)
Hidrogen *(kation nonlogam)* — Sulf + ida *(anion nonlogam)*

H_2S diberi nama **hidrogen sulfida**.

Contoh 2
Kation dan anion nonlogam yang membentuk satu senyawa, umumnya kation dari golongan IIA, IIIA, IVA dan anion dari golongan VIA dan VIIA. Jumlah atom mengikuti aturan berikut:

1 = mono	**5 = penta**
2 = di	**6 = heksa**
3 = tri	**7 = hepta**
4 = tetra	**8 = okta**

Rumus:

Jumlah atom – Nonlogam (+) – Jumlah atom – Nonlogam (-) + ida

Contoh: N_2O_4
Oksi + ida = oksida

(4)
Nitrogen (2) ← N_2O_4 → (3) Tetra
(1)
di

N_2O_4 diberi nama **dinitrogen tetraoksida**.
Catatan: bila jumlah kation hanya 1, maka nama tidak diawali mono.

Senyawa Ion Poliatomik

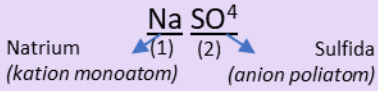
Ion poliatomik adalah sekumpulan atom yang terikat secara kovalen namun memiliki muatan listrik secara keseluruhan. Penamaannya mengikuti nama kation diikuti langsung oleh nama ion

poliatomiknya tanpa mengubah akhiran menjadi -ida. Nama-nama ion poliatomik ini bersifat baku.

Contoh
Tata nama senyawa poliatom
Rumus:

Kation monoatom (+) – anion poliatom (-)

Contoh: $NaSO_4$, persamaan reaksi $NaSO_4$
$NaSO_4 \rightarrow Na^+ + SO_4^{2-}$



$NaSO_4$ diberi nama **natrium sulfida**

Senyawa Asam dan Basa

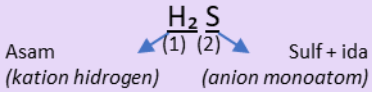
Asam

Asam melepaskan ion H^+ dalam air. Asam biner dinamai dengan kata "asam" + unsur non-logam berakhiran -ida. Pada asam beroksigen, akhiran -at untuk oksigen lebih banyak dan -it untuk oksigen lebih sedikit.

Contoh 1
Senyawa asam monooksi. Nama ion hidrogen diganti dengan asam.
Rumus:

Ion hidrogen (+) – nonlogam (-) + ida

Contoh: H_2S, persamaan reaksi H_2S
$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{2-}$

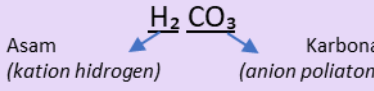


H_2S diberi nama **asam sulfida**.

Contoh 2
Senyawa asam oksi (poliatom). Nama ion hidrogen diganti dengan asam.
Rumus:

Ion hidrogen (+) – ion poliatom

Contoh: H_2CO_3, persamaan reaksi H_2CO_3
$H_2CO_3 \rightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}$



H_2CO_3 diberi nama **asam karbonat**.

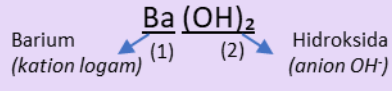
Basa

Basa umumnya adalah senyawa ionik yang mengandung gugus Hidroksida (OH-), sehingga penamaannya dimulai dengan nama logam diikuti kata hidroksida, seperti Magnesium hidroksida yang umum digunakan sebagai antasida untuk menetralkan asam lambung.

Contoh 1
Kation logam dengan 1 macam biloks
Rumus:

Logam (+) – hidroksida

Contoh: $Ba(OH)_2$, persamaan reaksi $Ba(OH)_2$
$Ba(OH)_2 \rightarrow Ba^{2+} + 2OH^-$

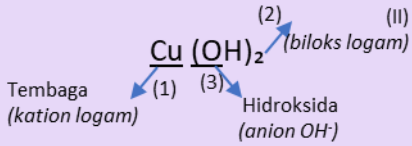


$Ba(OH)_2$ diberi nama **barium hidroksida**.

Contoh 2
Kation logam dengan 2 macam biloks
Rumus:

Logam (+) – biloks logam – hidroksida

Contoh: $Cu(OH)_2$, persamaan reaksi $Cu(OH)_2$
$Cu(OH)_2 \rightarrow Cu^{2+} + 2OH^-$

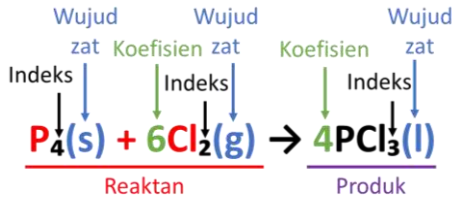


$Cu(OH)_2$ diberi nama **tembaga(II) hidroksida**.

McQuarrie, D. A., & Simon, J. D. (2011)

4.4 PERSAMAAN REAKSI KIMIA DAN STOIKIOMETRINYA

Penulisan Reaksi Kimia

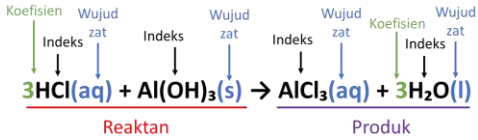


Penulisan reaksi kimia dalam farmasi berfungsi sebagai instruksi standar dalam pembuatan sediaan atau sintesis

senyawa organik. Sebuah persamaan reaksi terdiri dari rumus kimia reaktan (zat awal) yang diletakkan di sebelah kiri tanda panah, dan rumus kimia produk (zat hasil) di sebelah kanan tanda panah.

Simbol Wujud Zat		
Simbol Wujud Zat		**Keterangan**
(s)	*Solid*	Zat dalam bentuk padat.
(l)	*Liquid*	Zat dalam bentuk cair.
(g)	*Gas*	Zat dalam bentuk gas.
(aq)	*Aqueous*	Zat terlarut dalam air.

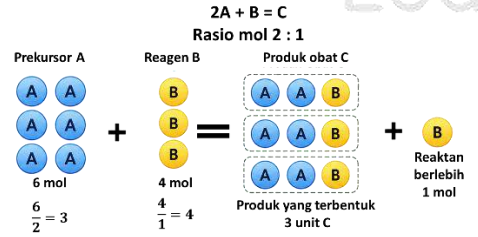
Penyetaraan Reaksi Kimia



Penyetaraan reaksi kimia adalah proses memastikan bahwa hukum kekekalan massa terpenuhi, di mana jumlah atom setiap unsur di sisi reaktan harus sama dengan jumlah atom unsur tersebut di sisi produk.

4.5 PEREAKSI PEMBATAS DAN PERHITUNGAN HASIL REAKSI

Definisi

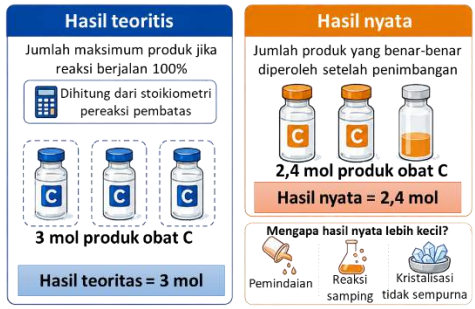


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pereaksi pembatas adalah zat reaktan yang habis terlebih dahulu dalam suatu reaksi kimia, sehingga membatasi jumlah produk yang dapat terbentuk.

Untuk menentukan pereaksi pembatas, jumlah mol setiap reaktan harus dibagi dengan koefisien reaksinya masing-masing dari persamaan reaksi yang telah setara; nilai terkecil dari hasil pembagian tersebut menunjukkan zat yang bertindak sebagai pereaksi pembatas.

Perhitungan Hasil Reaksi dan Persentase Hasil



$$\textit{Presentasi hasil} = \frac{\textit{hasil nyata}}{\textit{hasil teoritas}} \times 100\% = \left(\frac{2{,}4\ mol}{3\ mol}\right) \times 100\,\% = 80\%$$

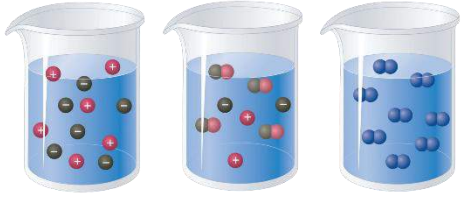
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Perhitungan hasil reaksi dalam kimia farmasi melibatkan tiga konsep utama:

- Hasil teoritis adalah jumlah produk maksimal yang dihitung berdasarkan stoikiometri dari pereaksi pembatas, dengan asumsi reaksi berjalan sempurna 100%.
- Dalam realitas laboratorium dan pabrik, hasil nyata (jumlah produk yang benar-benar diperoleh setelah penimbangan) biasanya lebih kecil daripada hasil teoritis karena faktor kehilangan saat pemindahan wadah, reaksi samping yang tidak diinginkan, atau ketidaksempurnaan proses kristalisasi.
- Persentase hasil dihitung dengan membagi hasil nyata dengan hasil teoritis kemudian dikalikan 100%.

4.6 LARUTAN BERAIR, PENGENDAPAN, & ASAM-BASA

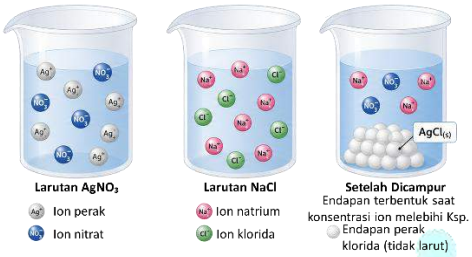
Sifat Umum Larutan Berair (Elektrolit dan Non elektrolit)



Sumber: anonim/chem.libretexts (CC BY-NC-SA 3.0), modifikasi

Larutan berair dalam farmasi dibedakan berdasarkan kemampuan menghantarkan listrik. Elektrolit kuat terionisasi sempurna dalam air. Elektrolit lemah hanya terionisasi sebagian, misalnya banyak zat aktif obat yang bersifat asam atau basa lemah. Nonelektrolit larut sebagai molekul utuh tanpa membentuk ion, sehingga tidak menghantarkan listrik, contohnya glukosa dan alkohol.

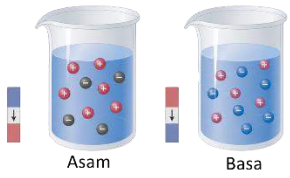
Reaksi Pengendapan (Kelarutan, Persamaan Molekul dan Ionik)



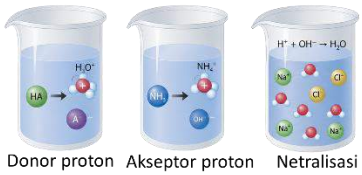
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Reaksi pengendapan terjadi saat dua larutan elektrolit dicampur dan membentuk zat padat tidak larut atau endapan. Endapan terbentuk jika konsentrasi ion melebihi nilai Ksp. Reaksi ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan molekul, ionik lengkap, dan ionik netto. Persamaan ionik netto menunjukkan ion yang benar-benar bereaksi, sedangkan ion lain disebut ion pengamat.

Reaksi Asam-basa (Sifat Umum, Bronsted, Reaksi Penetralan)



Sifat umum asam-basa



Asam-basa brensted **Reaksi penetralan**

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Reaksi asam-basa adalah salah satu pilar utama dalam pemahaman stabilitas obat dan interaksinya dengan reseptor tubuh.

- Menurut teori *Bronsted-Lowry,* asam adalah donor proton (H^+), sedangkan basa adalah akseptor proton.
- Sifat umum asam meliputi rasa masam dan kemampuan mengubah lakmus biru menjadi merah, sedangkan basa terasa pahit, licin (kaustik), dan mengubah lakmus merah menjadi biru.
- Reaksi Penetralan terjadi ketika asam bereaksi dengan basa menghasilkan garam dan air; dalam terapi medis, prinsip ini digunakan secara luas pada obat antasida untuk menetralkan kelebihan asam lambung (HCl) guna meredakan gejala nyeri ulu hati.

4.7 REAKSI DALAM LARUTAN

Bilangan Oksidasi

Aturan Standar Penentuan Biloks

1. Unsur bebas = 0

O_2 : O–O → O = 0

Na (s) : Na → Na = 0

2. Oksigen umumnya = -2

H_2O : H–O–H → O = -2

Kecuali pada periosida

H_2O_2 : H–O–O–H → O = -1

3. Hidrogen umumnya = +1

H_2O : H–O–H → H = +1

Kecuali pada hidrida logam

NaH : Na–H → H = -1

4. Jumlah total biloks pada molekul netral = 0

Contoh: H_2O

H (+1) – O (-2) – H (+1)

2(+1) + (-2) = 0
0 = 0

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

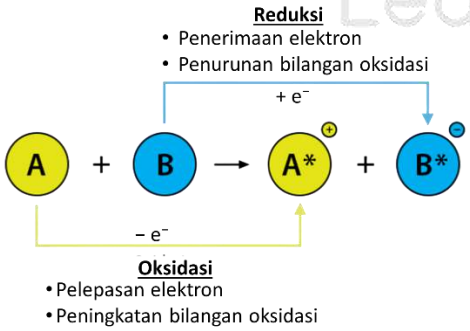
Bilangan oksidasi (biloks) adalah muatan semu yang dimiliki oleh suatu atom dalam suatu molekul atau ion jika seluruh elektron ikatan didistribusikan kepada atom yang lebih elektronegatif. **Aturan standar penentuan biloks meliputi:** unsur bebas bernilai nol, oksigen umumnya bernilai -2 (kecuali pada peroksida), hidrogen bernilai +1 (kecuali pada hidrida logam), dan jumlah total biloks dalam molekul netral harus sama dengan nol.

Bilangan oksidasi yang umum unsur-unsur golongan utama

1 H Hidrogen 1.008							2 He Helium 4.0026
3 Li Litium 6.94	4 Be Berilium 9.0122	5 B Boron 10.81	6 C Karbon 12.011	7 N Nitrogen 14.007	8 O Oksigen 15.999	9 F Fluorin 18.998	10 Ne Neon 20.180
11 Na Natrium 22.990	12 Mg Magnesium 24.305	13 Al Aluminium 26.982	14 Si Silikon 28.085	15 P Fosfor 30.974	16 S Belerang 32.06	17 Cl Klorin 35.45	18 Ar Argon 39.948
19 K Kalium 39.098	20 Ca Kalsium 40.078	31 Ga Galium 69.723	32 Ge Germanium 72.630	33 As Arsen 74.922	34 Se Selenium 78.971	35 Br Bromin 79.904	36 Kr Kripton 83.798
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Stronsium 87.62	49 In Indium 114.82	50 Sn Timah 118.71	51 Sb Antimon 121.76	52 Te Telurium 127.60	53 I Iodin 126.90	54 Xe Xenon 131.29
55 Cs Sesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	81 Tl Talium 204.38	82 Pb Timbal 207.2	83 Bi Bismut 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astatin (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Fransium (223)	88 Ra Radium (226)	113 Nh Nihonium (286)	114 Fl Flerovium (289)	115 Mc Moskovium (290)	116 Lv Livermorium (293)	117 Ts Tenesin (294)	118 Og Oganeson (294)

Sumber: ptable (2024), modifikasi

Reaksi Reduksi-oksidasi (Redoks)



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Suasana Asam

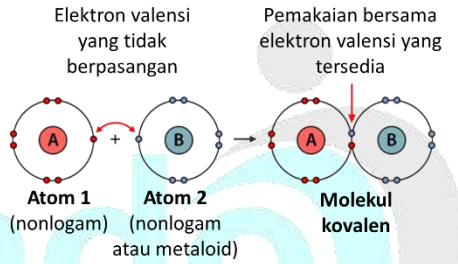
Reaksi redoks dalam suasana asam sering dijumpai dalam metode analisis volumetri, seperti titrasi menggunakan Kalium Permanganat (KMnO4). Dalam suasana asam, ion permanganat (MnO4-) bertindak sebagai oksidator kuat yang menangkap elektron dan berubah menjadi ion mangan(II) (Mn2+).

Suasana Basa

Reaksi redoks dalam suasana basa memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dalam prosedur penyetaraannya dibandingkan suasana asam. langkah awalnya serupa dengan metode setengah reaksi, terdapat langkah tambahan yang krusial yaitu penambahan ion hidroksida (OH^-) pada kedua sisi persamaan untuk menetralkan ion H^+ yang muncul, sehingga membentuk molekul air (H_2O).

4.8 KONSEP UMUM IKATAN KIMIA I

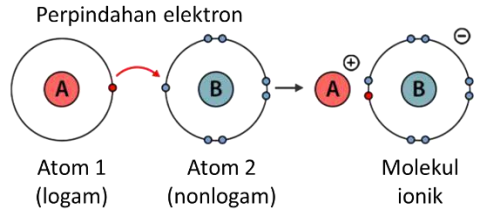
Ikatan ION



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Ikatan ion terbentuk melalui perpindahan elektron secara total dari satu atom (biasanya logam yang bersifat elektropositif) ke atom lain (biasanya non-logam yang bersifat elektronegatif), menghasilkan kation dan anion yang saling tarik-menarik secara elektrostatik.

Ikatan Kovalen



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

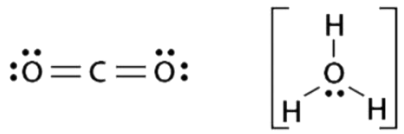
Berbeda dengan ikatan ion, ikatan kovalen terbentuk melalui penggunaan bersama (sharing) pasangan elektron antara dua atom non-logam untuk mencapai konfigurasi elektron gas mulia yang stabil.

Penulisan Struktur Lewis

Atom



Senyawa

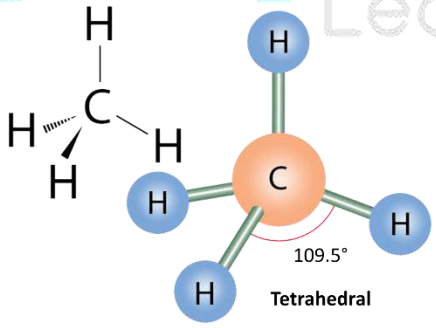


Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Struktur Lewis adalah diagram yang menunjukkan ikatan antaratom dalam molekul serta pasangan elektron bebas (PEB) yang mungkin ada di sekitar atom tersebut. Penulisan struktur Lewis mengikuti Aturan Oktet, di mana atom cenderung memiliki delapan elektron di kulit terluarnya agar stabil.

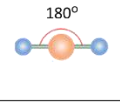
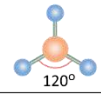
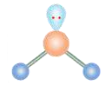
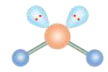
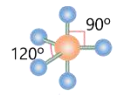
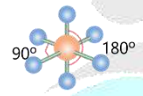
Geometri Molekul (Atom Pusat dengan PEB dan PEI)

Geometri Molekul Metana (CH_4)



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

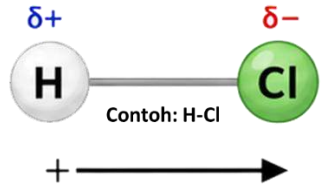
Geometri molekul atau bentuk tiga dimensi suatu senyawa ditentukan oleh teori VSEPR *(Valence Shell Electron Pair Repulsion),* yang menyatakan bahwa pasangan elektron di sekitar atom pusat akan saling menjauh sejauh mungkin untuk meminimalkan tolakan. Bentuk molekul dipengaruhi oleh jumlah Pasangan Elektron Ikatan (PEI) dan Pasangan Elektron Bebas (PEB) pada atom pusat.

		
Linier	Bidang trigonal	Sudut atau bengkok
Nomor sterik : 2	Nomor sterik : 3	Nomor sterik : 3
Pasangan ltunggal : 0	Pasangan ltunggal : 0	Pasangan ltunggal : 1
		
Tetrahedral	Piramida trigonal	Sudut atau bengkok
Nomor sterik : 4	Nomor sterik : 4	Nomor sterik : 4
Pasangan ltunggal : 0	Pasangan ltunggal : 1	Pasangan ltunggal : 2
		
Trigonal bipyramidal	Jungkat jungkit	Berbentuk T
Nomor sterik : 5	Nomor sterik : 5	Nomor sterik : 5
Pasangan ltunggal : 0	Pasangan ltunggal : 1	Pasangan ltunggal : 2
		
Linier	Bersegi delapan	Piramida persegi
Nomor sterik : 5	Nomor sterik : 6	Nomor sterik : 6
Pasangan ltunggal : 3	Pasangan ltunggal : 0	Pasangan ltunggal : 1
		
Bidang persegi	Berbentuk T	linier
Nomor sterik : 6	Nomor sterik : 6	Nomor sterik : 6
Pasangan ltunggal : 2	Pasangan ltunggal : 3	Pasangan ltunggal : 4

Sumber: chemistrylearner, modifikasi

4.9 KONSEP UMUM IKATAN KIMIA II

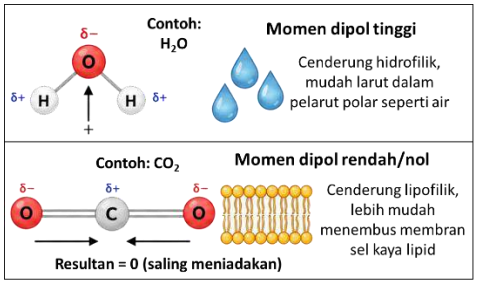
Momen Dipol



Arah momen dipol menuju atom lebih elektrogenetif

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

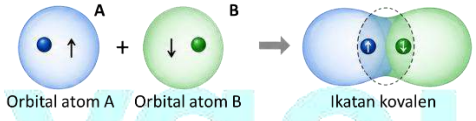
Momen dipol adalah ukuran kuantitatif dari polaritas suatu molekul yang dihasilkan dari perbedaan elektronegativitas antara atom-atom yang berikatan serta distribusi geometri molekul tersebut.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- Molekul dengan momen dipol tinggi cenderung larut dalam pelarut polar seperti air, yang sangat penting untuk absorpsi obat di saluran cerna.
- Momen dipol rendah atau nol lebih mudah menembus membran sel yang kaya akan lipid.

Teori Ikatan Valensi

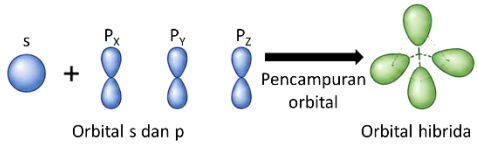


Semakin efektif *overlap* orbital, semakin kuat ikatan yang terbentuk

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teori Ikatan Valensi (TIV) menjelaskan bahwa ikatan kimia terbentuk melalui tumpang tindih (overlap) antar orbital atom yang masing-masing mengandung satu elektron dengan spin berlawanan.

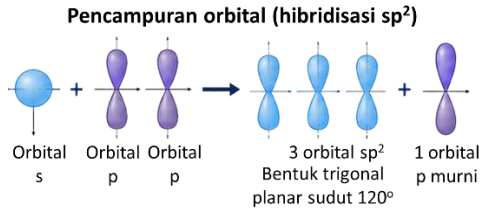
Hibridisasi Orbital Atom



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

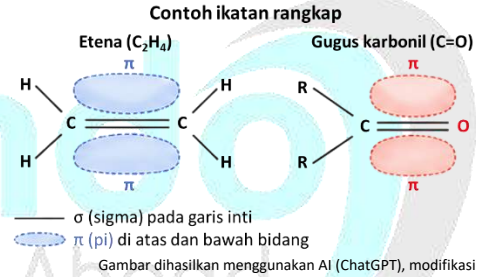
Hibridisasi adalah konsep pencampuran orbital-orbital atom (seperti s dan p) untuk membentuk orbital hibrida baru yang setingkat energinya dan memiliki orientasi ruang yang spesifik. Kesalahan kecil dalam geometri akibat perbedaan hibridisasi dapat menyebabkan molekul kehilangan aktivitas terapetiknya secara total.

Hibridisasi Molekul yang Mengandung Ikatan Rangkap



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

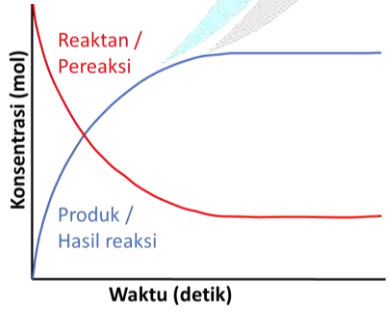
Molekul obat yang mengandung ikatan rangkap dua (seperti pada gugus karbonil atau ikatan C=C) melibatkan hibridisasi sp^2, di mana satu orbital p tetap murni untuk membentuk ikatan pi (π). Keberadaan ikatan rangkap ini memberikan sifat kaku pada molekul, mencegah rotasi bebas antaratom.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

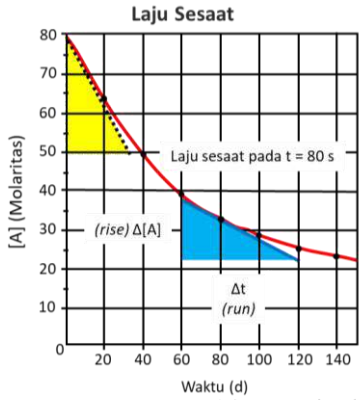
4.10 DASAR KINETIKA KIMIA

Laju Reaksi



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Laju reaksi didefinisikan sebagai **perubahan konsentrasi reaktan atau produk per satuan waktu.** Penurunan laju degradasi sangat krusial untuk memastikan bahwa obat yang sampai ke tangan pasien masih memiliki potensi (kadar) yang sesuai dengan label kemasannya.



Laju sesaat pada t = 0 s (laju awal)

Laju sesaat pada waktu t = kemiringan garis singgung pada waktu t.

Perhatikan dari kurva bahwa laju reaksi menurun seiring dengan menurunnya konsentrasi. Lihat bagian berikutnya.

$$Kemiringan = \frac{naik}{mendatar}$$

$$Laju\ sesaat = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$$

$$= -\frac{(22-38)M}{(120-60)s} = 0.27\ M/s$$

Sumber: general.chemistrysteps, modifikasi

Hukum Laju

$$aA + bB \rightarrow cC + dD$$

$$R = k[A]^x[B]^y$$

Ket:

- R = Laju reaksi
- [A], [B], [C], [D] = konsentrasi A, B, C, dan D secara berurutan
- a, b, c, d = koefisien stoikiometri dari A, B, C, dan D secara berurutan
- x, y = orde reaksi terhadap A dan B secara berurutan

Hukum laju menyatakan hubungan matematis antara laju reaksi dengan konsentrasi reaktan yang dipangkatkan dengan orde reaksi. Konstanta laju (k) yang terdapat dalam hukum laju bersifat spesifik untuk setiap reaksi pada suhu tertentu.

Hubungan antara Konsentrasi Reaktan dan Waktu

Sebagian proses degradasi obat mengikuti reaksi orde pertama, di mana laju reaksi hanya bergantung pada satu konsentrasi reaktan. Karakteristik utama orde pertama adalah waktu paruhnya yang konstan, tidak bergantung pada jumlah obat awal. Namun, beberapa reaksi kompleks seperti polimerisasi atau oksidasi tertentu mengikuti reaksi orde kedua.

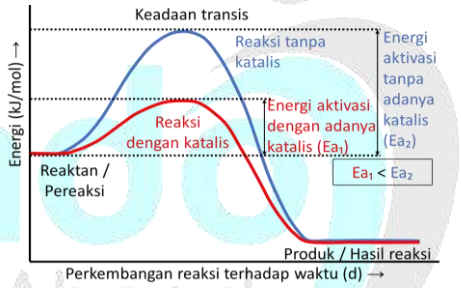
Energi Aktivasi & Ketergantungan Konstanta Laju Terhadap Suhu

Menurut persamaan Arrhenius, konstanta laju reaksi meningkat secara eksponensial terhadap suhu. Energi Aktivasi (Ea) adalah penghalang energi minimum yang harus dilewati reaktan agar reaksi dapat terjadi.

Mekanisme Reaksi

Mekanisme reaksi adalah rangkaian langkah-langkah elementer yang mendeskripsikan secara detail bagaimana reaktan berubah menjadi produk. Langkah yang paling lambat dalam mekanisme ini disebut sebagai Tahap Penentu Laju *(Rate Determining Step)*.

Katalisis



Sumber: general.chemistrysteps, modifikasi

Katalisis adalah fenomena peningkatan laju reaksi kimia dengan penambahan zat yang disebut katalis, di mana zat tersebut tidak ikut dikonsumsi dalam hasil akhir reaksi. Mekanisme kerja katalis adalah dengan menyediakan jalur reaksi alternatif yang memiliki energi aktivasi (Ea) jauh lebih rendah dibandingkan jalur tanpa katalis.

Katalisis Homogen

Katalis dan reaktan berada dalam fase yang sama, misalnya sama-sama gas atau sama-sama larutan. Katalis tersebar merata sehingga kontak antara katalis dan reaktan lebih mudah terjadi.

Katalisis Heterogen

Katalis dan reaktan berada dalam fase yang berbeda. Umumnya katalis berupa padatan, sedangkan reaktan berupa gas atau cairan. Reaksi berlangsung

pada permukaan katalis melalui proses adsorpsi dan desorpsi.

Tahap umumnya	
1.	Reaktan menempel pada permukaan katalis.
2.	Reaktan yang teradsorpsi menjadi aktif.
3.	Reaktan berubah menjadi produk di permukaan katalis.
4.	Produk terlepas dari permukaan katalis.

Katalisis Enzim

Reaksi dikatalisis oleh enzim, yaitu biomolekul protein yang bekerja secara spesifik terhadap substrat tertentu. Enzim memiliki sisi aktif tempat substrat menempel. Setelah reaksi selesai, produk terlepas dan enzim tetap tidak berubah.

Mekanisme dasar	
1.	Enzim + substrat membentuk kompleks enzim-substrat.
2.	Substrat diubah menjadi produk.
3.	Produk dilepaskan, enzim kembali seperti semula.

Katalisis Asam-Basa

Laju reaksi dipengaruhi oleh penambahan asam atau basa sebagai katalis. Asam atau basa tidak habis selama reaksi. Beberapa reaksi hanya membutuhkan katalis asam, sedangkan reaksi lain membutuhkan katalis basa. Mekanisme dapat dijelaskan melalui perpindahan proton atau elektron.

4.11 KESETIMBALANGAN LARUTAN

Kelarutan

Hasil Kali Kelarutan

Hasil kali kelarutan atau Ksp adalah konstanta kesetimbangan untuk proses pelarutan senyawa ionik yang sukar larut dalam air. Untuk senyawa umum dengan rumus AxBy, **persamaan Ksp dituliskan sebagai:**

Kesetimbangan ion:

$$AxBy\ (s) \rightleftarrows xA^{y+}(aq) + yB^{x-}(aq)$$

Hasil kelarutan (Ksp):

$$Ksp\ AxBy = [A^{y+}]^x \cdot [B^{x-}]^y$$

Ket:

- Ksp AxBy = hasil kali kelarutan AxBy
- $[A^{y+}]$ = konsentrasi ion-ion A^{y+}
- $[B^{x-}]$ = konsentrasi ion-ion B^{x-}

Contoh:

$AgCl\ (s) \rightleftarrows Ag^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$

$Ksp\ AgCl = [Ag^+][Cl^-]$

$Ag_2SO_4\ (s) \rightleftarrows 2Ag^+\ (aq) + SO_4^{2-}\ (aq)$

$Ksp\ Ag_2SO_4 = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}]$

Di mana tanda kurung siku [….] menunjukkan konsentrasi molar ion-ion dalam larutan jenuh. Nilai Ksp yang sangat kecil menunjukkan bahwa zat tersebut sangat sukar larut, yang sering kali menjadi tantangan dalam memformulasikan obat agar dapat diserap maksimal oleh tubuh.

Kelarutan Molar

Kelarutan molar adalah jumlah mol zat terlarut dalam satu liter larutan jenuh (satuan mol/L atau s). Perbedaan utama antara kelarutan (s) dan Ksp adalah kelarutan menyatakan jumlah zat yang benar-benar larut, sedangkan Ksp adalah nilai konstanta kesetimbangannya.

$$s = \frac{mol}{volume} \qquad s = \frac{gram}{Mr} \times \frac{1}{V}$$

$$s = \frac{10 \times \% \times \rho}{Mr} \qquad s = \frac{gram}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

Ket:

- s = kelarutan
- ρ = massa jenis larutan
- % = persentase atau kadar larutan
- Mr = massa molekul larutan
- gram = massa zat terlarut
- V = volume

Memprediksi Reaksi Pengendapan

Dalam mencampur berbagai bahan obat, farmasis harus mampu memprediksi apakah akan terbentuk endapan melalui perhitungan Kuosien Reaksi (Qsp):

- Jika Q < Ksp: larutan belum jenuh, tidak terjadi endapan.
- Jika Q = Ksp : larutan tepat jenuh.
- Jika Q > Ksp: larutan lewat jenuh dan akan terbentuk endapan.

Contoh:
Sebanyak 10 mL larutan $CaCl_2$ 0,2 M dicampurkan dengan 10 mL larutan NaOH 0,02 M. Jika diketahui Ksp $Ca(OH)_2 = 8 \times 10^{-6}$ maka selidikilah apakah terjadi endapan?

Jawab:

Menghitung kelarutan $[Ca^{2+}]$ dan $[OH^-]$:

$$[CaCl_2] = \frac{10\ mL}{20\ mL} \times 0{,}2\ M = 0{,}1\ M$$
$$[Ca^{2+}] = 0{,}1\ M = 10^{-1} M$$

$$[NaOH] = \frac{10\ mL}{20\ mL} \times 0{,}02\ M = \ 0{,}01\ M$$
$$[OH^-] = 0{,}01\ M = 10^{-2}\ M$$

Menghitung Qc untuk $Ca(OH)_2$:

$Qc = [Ca^{2+}][OH^-]^2 = 10^{-1} \times (10^{-2})^2$

$Qc = 10^{-1} \times 10^{-4} = 10^{-5}$

Diperoleh hasil Qc = 10^{-5} dan diketahui Ksp $Ca(OH)_2 = 8 \times 10^{-6}$, sehingga dapat disimpulkan bahwa Qc > Ksp. Saat nilai Qc > Ksp terjadi pengendapan. Jadi, pada pelarutan 10 mL larutan $CaCl_2$ 0,2 M dicampurkan dengan 10 mL larutan NaOH 0,02 M akan terjadi pengendapan.

Efek Ion Senama dan Kelarutan

Efek ion senama terjadi ketika suatu garam sukar larut dimasukkan ke dalam larutan yang sudah mengandung salah satu ion penyusun garam tersebut. Penambahan ion senama akan menggeser kesetimbangan ke arah pembentukan padatan, yang berarti menurunkan kelarutan zat tersebut secara drastis.

Kesetimbangan Ion Kompleks dan Kelarutan

Pembentukan ion kompleks dapat meningkatkan kelarutan zat aktif obat yang sukar larut dalam air. Ion kompleks terbentuk saat ion logam pusat berikatan dengan ligan melalui pasangan elektron bebas. Ligan mengikat ion logam dari endapan, sehingga kesetimbangan bergeser ke arah larutan. Kekuatan kompleks dinyatakan dengan Kf; semakin besar nilainya, semakin stabil kompleks dan semakin besar kemampuan melarutkan endapan.

ChemLibreTexts (2023)

4.12 KESETIMBALANGAN ASAM-BASA

Kesetimbangan Larutan Homogen Versus Heterogen

Kesetimbangan homogen terjadi ketika semua zat (reaktan dan produk) berada dalam fase yang sama, biasanya dalam bentuk gas atau larutan.

Ciri-ciri	
1.	Semua komponen berada dalam satu fase (gas atau larutan).
2.	Sistem terlihat seragam (homogen).
3.	Semua zat masuk dalam persamaan tetapan kesetimbangan (K).

Contoh:

Reaksi gas:

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

Reaksi larutan:

$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightleftharpoons NaCl(aq) + H_2O(l)$

Semua zat berada dalam fase gas atau larutan → ini disebut homogen.

Larutan Buffer

Buffer Asam (pH < 7)	
Mencari konsentrasi H^+	$= Ka \times \left(\frac{mol\ asam\ lemah}{mol\ basa\ konjugasi}\right)$
Mencari pH	$pH = -log\ [H^+]$

$CH_3COOH(aq) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H^+(aq)$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$[H^+] = K_a \cdot \frac{[CH_3COOH]}{[CH_3COO^-]}$$

$$[H^+] = K_a \frac{[asam\ lemah]}{[basah\ konjungsi]}$$

$$-log[H^+] = -logK_a - log\ \frac{asam\ lemah}{basa\ konjungsi}$$

$$pH = pK_a - log\ \frac{asam\ lemah}{basa\ konjungsi}$$

Raymond Chang. (2010). Chemistry (10th ed.). McGraw-Hill

Buffer Basa (pH > 7)	
Mencari konsentrasi OH^-	$= Kb \times \left(\frac{mol\ basa\ lemah}{mol\ asam\ konjugasi}\right)$
Mencari pH	$pOH = -log\ [OH^-]\ dan$ $pH = 14 - pOH$

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH^3]}$$

$$[OH^-] = K_b \cdot \frac{[NH_3]}{NH_4^+}$$

$$[H^+] = K_b \frac{[basa\ lemah]}{[asam\ konjungsi]}$$

$$-log[H^+] = -logK_b - log\frac{basa\ lemah}{asam\ konjungsi}$$

$$pH = pK_a - log\frac{basa\ lemah}{asam\ konjungsi}$$

Titrasi Asam-basa



1. Indikator pH ditambahkan ke dalam labu yang berisi larutan asam berair dengan konsentrasi yang belum diketahui.

2. Basa ditambahkan secara perlahan, tetes demi tetes, ke dalam asam dan dicampur berulang kali.

3. Jumlah OH^- dari basa dan H^+ dari asam yang setara menyebabkan indikator berubah warna. Pada tahap ini, titrasi harus dihentikan.

4. Jika jumlah OH^- melebihi jumlah H^+, larutan akan berubah warna sepenuhnya. Hal ini harus dihindari.

Sumber: Catherine C/biorender, modifikasi

Titrasi asam–basa adalah metode untuk menentukan konsentrasi suatu larutan dengan cara mereaksikannya dengan larutan lain yang konsentrasinya sudah diketahui (larutan standar).

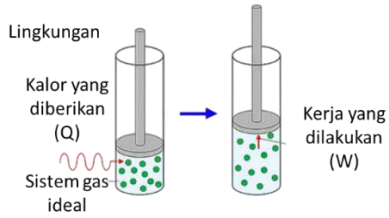
Indikator Asam-Basa

Indikator asam–basa adalah zat yang digunakan dalam titrasi untuk menunjukkan perubahan pH melalui perubahan warna. Setiap indikator memiliki trayek pH tertentu, yaitu rentang pH di mana perubahan warna terjadi, sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan jenis titrasi yang dilakukan agar perubahan warna terjadi sedekat mungkin dengan titik ekuivalen.

Theodore L. dkk (2018)

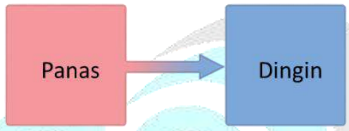
4.13 TERMODINAMIKA DAN APLIKASINYA

Ketiga Hukum Termodinamika



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

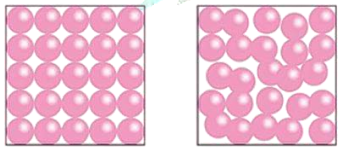
- **Hukum pertama** termodinamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, melainkan hanya berubah bentuk, sehingga dikenal sebagai hukum kekekalan energi.



ΔS=0 (Untuk proses reversible)
ΔS>0 (Untuk proses irreversibel)

Sumber: chemistrylearner, modifikasi

- **Hukum kedua** menjelaskan bahwa setiap proses spontan akan meningkatkan entropi atau tingkat ketidakteraturan, artinya sistem cenderung bergerak menuju keadaan yang lebih tidak teratur.



T=0 S=0 | T>0 S>0

Sumber: chemistrylearner, modifikasi

- **Hukum ketiga** menyatakan bahwa pada suhu 0 Kelvin, entropi suatu zat murni dalam bentuk kristal sempurna bernilai nol, yang menjadi dasar dalam perhitungan perubahan entropi.

Energi Bebas Gibbs

Energi bebas Gibbs adalah besaran yang digunakan untuk

menentukan apakah suatu reaksi dapat berlangsung secara spontan pada suhu dan tekanan tetap. Energi ini dipengaruhi oleh perubahan entalpi dan entropi, yang dinyatakan dalam persamaan:

$$\underset{\text{Reaktan}}{A + B} \rightleftharpoons \underset{\text{produk}}{C + D}$$

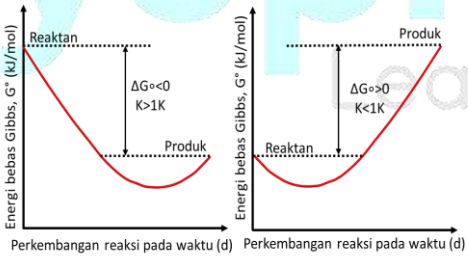
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ΔG: Perubahan energi bebas Gibbs
ΔH: Perubahan entalpi
ΔS: Perubahan entropi

Jika nilai ΔG negatif, reaksi berlangsung spontan, jika positif tidak spontan, dan jika nol berarti sistem berada dalam keadaan setimbang. Konsep ini sangat penting karena membantu memprediksi reaksi tanpa perlu percobaan langsung.

$$\Delta G^\circ = -2{,}303RT\log_{10}K$$

ΔG°: Perubahan energi bebas Gibbs pada keadaan standar
R: Konstanta gas universal
T: Suhu/temperatur
K: Konstanta kesetimbangan



Reaksi berlangsung ke arah kanan | **Reaksi berlangsung ke arah kiri**

Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Energi Bebas dan Kesetimbangan Kimia



Reaksi berada dalam keadaan setimbang.

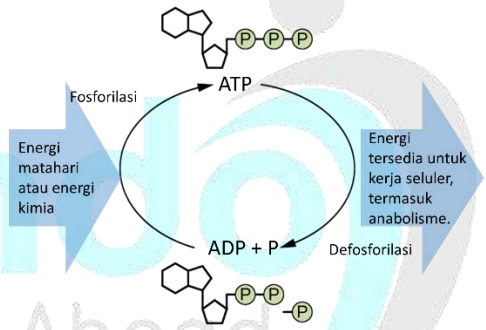
Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Energi bebas Gibbs juga berhubungan dengan kesetimbangan kimia. Pada keadaan setimbang, tidak ada perubahan energi bebas (ΔG = 0) karena laju reaksi maju dan balik sama. Hubungan antara energi bebas dan tetapan kesetimbangan dinyatakan sebagai:

$$\Delta G = -RT1n\ K$$

Jika nilai K besar (lebih dari 1), reaksi cenderung menghasilkan produk dan bersifat spontan (ΔG negatif). Sebaliknya, jika K kecil, reaksi lebih dominan ke arah reaktan dan tidak spontan (ΔG positif).

Termodinamika dalam Sistem Biologis



Energi yang dilepaskan dari defosforilasi ATP digunakan untuk mendorong kerja seluler, termasuk jalur anabolik. ATP diregenerasi melalui fosforilasi, memanfaatkan energi yang ditemukan dalam bahan kimia atau dari sinar matahari.

Sumber: Robert Bear dkk/philschatz, modifikasi

Dalam sistem biologis, termodinamika berperan dalam semua proses kehidupan, seperti metabolisme dan respirasi sel. Energi dalam tubuh digunakan dalam bentuk ATP yang berfungsi sebagai sumber energi utama. Banyak reaksi dalam tubuh tidak langsung spontan, sehingga dibantu oleh enzim untuk mempercepat reaksi. Selain itu, sel sering menggabungkan reaksi tidak spontan dengan reaksi spontan (misalnya hidrolisis ATP) agar proses tetap dapat berlangsung. Dengan prinsip ini, makhluk hidup mampu mempertahankan keteraturan meskipun secara alami sistem cenderung menuju peningkatan entropi.

4.14 SIFAT LOGAM TRANSISI BESERTA RUMUS & NAMA SENYAWA KOORDINASINYA DENGAN BENAR

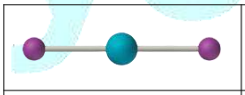
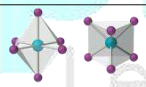
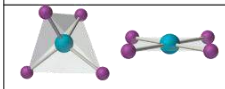
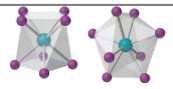
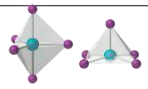
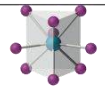
Sifat-Sifat Logam Transisi



Sumber: ptable (2024), modifikasi

Logam transisi adalah unsur-unsur yang terletak pada golongan d dalam sistem periodik, yaitu golongan 3 sampai 12. Unsur-unsur ini memiliki karakteristik khas karena elektron terakhirnya mengisi orbital d, sehingga menyebabkan sifat kimia yang unik seperti memiliki banyak bilangan oksidasi, membentuk senyawa berwarna, serta mampu membentuk senyawa kompleks atau koordinasi.

Senyawa Koordinasi

	
Nomor koordinasi 2	Nomor koordinasi 6
	
Nomor koordinasi 3	Nomor koordinasi 7
	
Nomor koordinasi 4	Nomor koordinasi 8
	
Nomor koordinasi 5	Nomor koordinasi 9

Sumber: saylordotorg.github, modifikasi

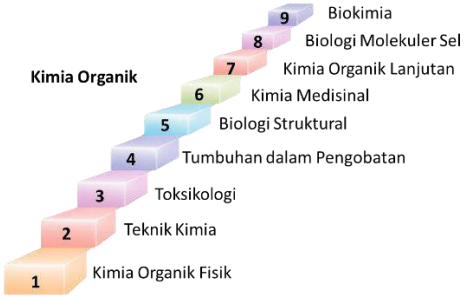
Senyawa koordinasi adalah senyawa yang terbentuk dari ion logam pusat yang berikatan dengan molekul atau ion lain yang disebut ligan melalui ikatan kovalen koordinasi, yaitu ikatan di mana pasangan elektron berasal dari satu pihak (ligan). Ligan dapat berupa molekul netral seperti NH_3 atau H_2O, maupun ion seperti Cl^- dan CN^-. Dalam penulisan rumus, ion logam ditulis di tengah dan dikelilingi oleh ligan dalam tanda kurung siku, misalnya $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.

Penamaan senyawa koordinasi mengikuti aturan tertentu, yaitu nama ligan disebut terlebih dahulu disertai jumlahnya (misalnya di-, tri-, tetra-), kemudian diikuti nama logam pusat dan bilangan oksidasinya dalam angka Romawi.

KIMIA ORGANIK

5.1 DASAR KIMIA ORGANIK

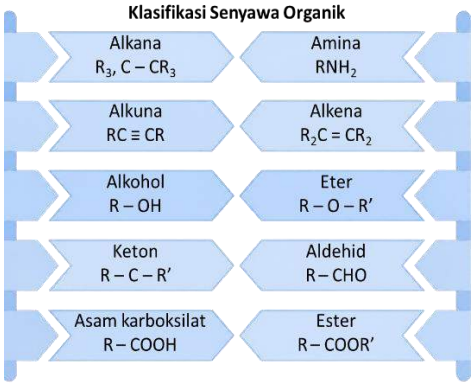
Ruang Lingkup Kimia Organik



Sumber: Akademi Kimia Organik dengan modifikasi

Kimia organik adalah cabang kimia yang mempelajari senyawa karbon, termasuk struktur, sifat, reaksi, dan sintesisnya. Karbon mampu membentuk ikatan kovalen stabil dengan sesama karbon maupun unsur lain, sehingga menghasilkan berbagai senyawa dari molekul sederhana hingga biomolekul kompleks.

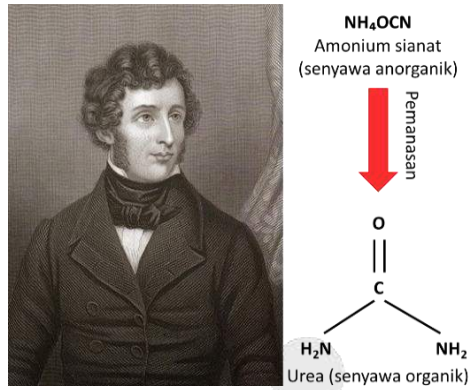
(Bruice, 2020)



Sumber: Cinta Kimia/Youtube dengan modifikasi (2020)

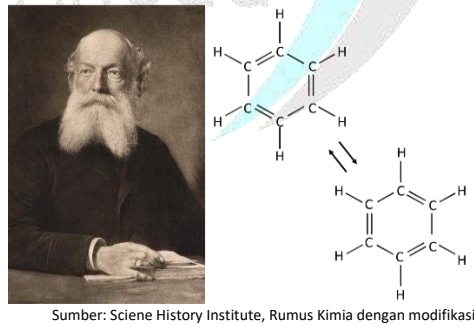
No	Ruang lingkup kimia organik:
1	Struktur dan ikatan molekul karbon
2	Mekanisme reaksi organik
3	Sintesis senyawa baru
4	Analisis struktur menggunakan teknologi modern
5	Aplikasi industri

Perkembangan Kimia Organik



Sumber: Science Learning dengan modifikasi

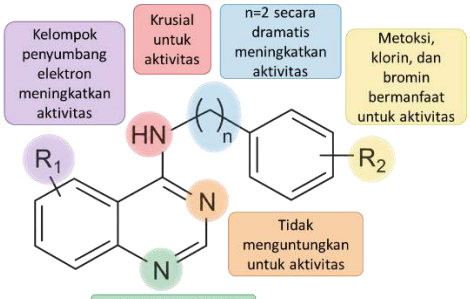
Kimia organik awalnya didasarkan pada teori **vitalisme**, yang menyatakan senyawa organik hanya dapat dihasilkan oleh makhluk hidup. Teori ini runtuh pada tahun **1828** ketika **Friedrich Wöhler** berhasil menyintesis urea dari bahan anorganik, membuktikan bahwa senyawa organik dapat dibuat di laboratorium.



Sumber: Sciene History Institute, Rumus Kimia dengan modifikasi

Perkembangan selanjutnya dipelopori oleh **Kekulé** dan **Couper** melalui konsep karbon tetravalen dan struktur benzena. Pada abad ke-20, kimia organik berkembang pesat dalam sintesis obat, polimer, dan biomolekul, didukung teknologi modern seperti NMR dan kristalografi sinar-X.

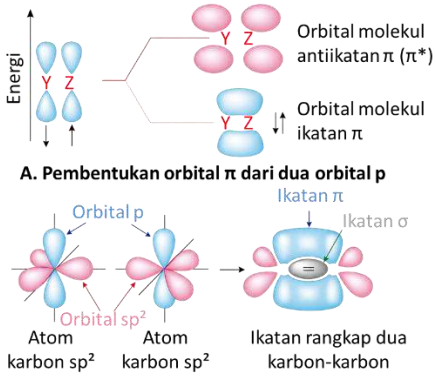
Hubungan Kimia Organik dengan Ilmu Farmasi



Hubungan struktur-aktivitas (SAR) dalam desain obat
Sumber: Creative Enzymes dengan modifikasi

Kimia organik menjadi fondasi ilmu farmasi karena sebagian besar obat modern merupakan senyawa organik. Pemahaman struktur, gugus fungsi, dan stereokimia membantu dalam perancangan obat yang efektif, aman, dan spesifik terhadap target biologis. Kimia organik juga berperan dalam sintesis obat, produksi senyawa aktif, serta memahami metabolisme obat dalam tubuh. Melalui hubungan ini, pengembangan obat baru dapat dilakukan secara lebih optimal untuk meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi toksisitas.

Struktur Atom dan Molekul



Sumber: chemistry.msu.edu dengan modifikasi

Kimia organik berpusat pada atom karbon, unsur unik dengan empat elektron valensi yang mampu membentuk berbagai jenis ikatan kovalen: ikatan tunggal, rangkap dua, dan rangkap tiga. Fleksibilitas ini memungkinkan karbon menciptakan beragam struktur molekul kompleks.

Melalui proses hibridisasi orbital:	
sp^3	bentuk tetrahedral (contoh: metana)
sp^2	bentuk trigonal planar (contoh: etena)
sp	bentuk linear (contoh: asetilena)

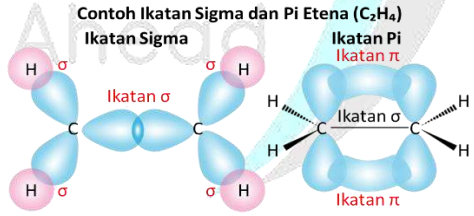
Geometri molekul ini sangat menentukan sifat fisik, stabilitas, dan reaktivitas senyawa organik.

Pembentukan molekul terjadi melalui:	
Ikatan sigma (σ)	kuat dan stabil
Ikatan pi (π)	lebih reaktif dan berperan dalam reaksi kimia

Selain ikatan kovalen, sifat senyawa organik juga dipengaruhi oleh gaya antarmolekul seperti:

- Ikatan hidrogen
- Interaksi dipol-dipol
- Gaya London

Ikatan Kimia dalam Senyawa Organik



Etena memiliki lima ikatan sigma dan satu ikatan pi
Sumber: Chemistry Learner dengan modifikasi

Tabel berikut menunjukkan jumlah ikatan sigma dan pi pada tiga hidrokarbon

Nama senyawa	Rumus molekul	Ikatan antar atom karbon	Jumlah total ikatan
Etana	C_2H_6	1 sigma	7 sigma
Etena/ etilena	C_2H_4	1 sigma, 1 pi	5 sigma, 1 pi
Etuna/ asetilena	C_2H_2	1 sigma, 2 pi	3 sigma, 2 pi

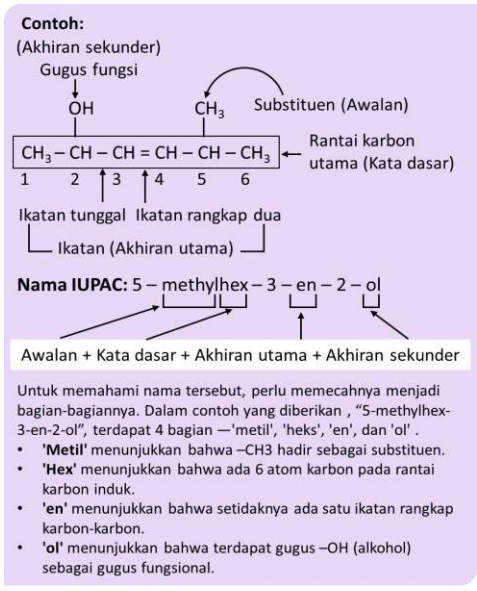
Ikatan kimia dalam senyawa organik terutama tersusun dari ikatan kovalen, yaitu ikatan yang terbentuk ketika atom-atom saling berbagi pasangan elektron untuk mencapai kestabilan.

Mekanisme ini memungkinkan atom karbon membentuk struktur molekul yang stabil dan beragam.

Karakter utama ikatan kovalen dijelaskan melalui tumpang tindih orbital atom yang menghasilkan dua jenis ikatan utama:	
Ikatan sigma (σ)	ikatan tunggal yang kuat, stabil, dan simetris secara silindris.
Ikatan pi (π)	ikatan tambahan pada ikatan rangkap yang terbentuk dari tumpang tindih orbital p sejajar.

5.2 TATA NAMA & STRUKTUR SENYAWA ORGANIK

Sistem Penamaan IUPAC



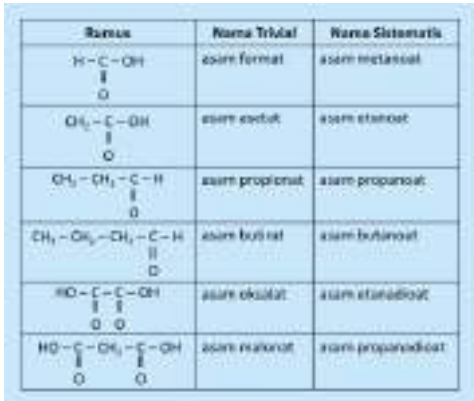
Sumber: Chemical Note dengan modifikasi (2020)

Penamaan senyawa organik secara sistematis adalah mengikuti aturan IUPAC *(International Union of Pure and Applied Chemistry)* untuk memastikan setiap struktur hanya memiliki satu nama unik.

No	Langkah-Langkah Penamaan:
1	**Identifikasi Rantai Utama:** Tentukan rantai karbon terpanjang yang mengandung gugus fungsi prioritas tertinggi atau ikatan rangkap. Rantai ini menjadi dasar nama senyawa, seperti alkana, alkena, atau alkuna.
2	**Penomoran Rantai:** Nomor rantai utama dari ujung yang paling dekat dengan gugus fungsi prioritas. Jika tidak ada gugus fungsi, penomoran dimulai dari ujung terdekat dengan substituen atau ikatan rangkap agar diperoleh nomor sekecil mungkin.
3	**Identifikasi dan Penamaan Cabang:** Substituen atau gugus samping dinamai berdasarkan jumlah atom karbonnya dengan akhiran -il, seperti metil atau etil. Jika substituen sejenis lebih dari satu, gunakan awalan di-, tri-, tetra-, dan seterusnya.
4	**Penyusunan Nama Secara Alfabetis:** Nama substituen ditulis berdasarkan urutan alfabet tanpa memperhatikan awalan jumlah seperti di-, tri-, atau tetra-.
5	**Prioritas Gugus Fungsi** Jika terdapat beberapa gugus fungsi, gugus dengan prioritas tertinggi dijadikan akhiran utama, sedangkan gugus lain dianggap substituen. Urutan prioritas: Asam Karboksilat > Ester > Aldehida > Keton > Alkohol > Amina > Alkena/Alkuna
6	**Format Penulisan** Gunakan: • Tanda hubung (-) untuk memisahkan angka dan huruf • Tanda koma (,) untuk memisahkan angka dengan angka **Contoh:** 2,2-dimetilpentana

Catatan Penting:
Penamaan IUPAC menekankan ketepatan struktur melalui pemilihan rantai utama, penomoran yang benar, urutan substituen alfabetis, serta penentuan gugus fungsi prioritas agar nama senyawa seragam secara internasional.

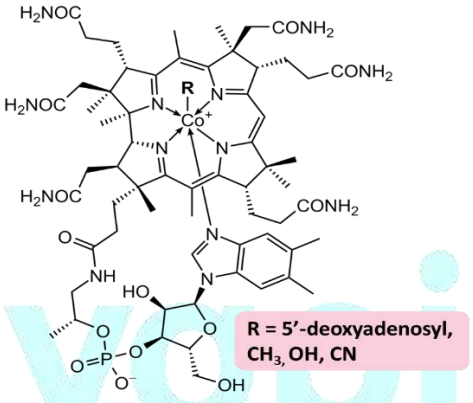
Nama Trivial dan Umum



Sumber: Mohamed Shorbagi/Academia.edu dengan modifikasi

Nama trivial adalah penamaan non-sistematis yang berasal dari sejarah, sumber senyawa, sifat fisik, atau penemunya, seperti aseton, urea, dan morfin. Dalam farmasi, nama trivial sering digunakan karena lebih praktis dan umum dalam industri, perdagangan, serta praktik klinis, meskipun nama IUPAC tetap penting untuk identifikasi ilmiah yang akurat.

Penulisan Struktur Kimia



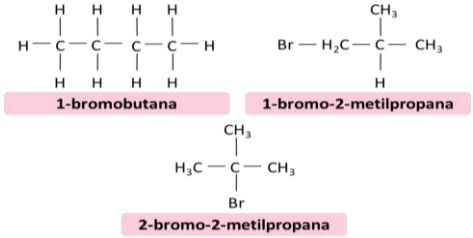
Rumus struktur tulang Vitamin B12

Sumber: PEDIAA dengan modifikasi (2015)

Penulisan struktur kimia menggambarkan susunan atom, ikatan, dan bentuk molekul secara efisien melalui rumus molekul, rumus kondensasi, struktur Kekulé, dan rumus garis-ikatan. Struktur juga dapat menunjukkan bentuk tiga dimensi dengan proyeksi stereokimia seperti *wedge* dan *dash*.

5.3 ISOMERISME DALAM SENYAWA ORGANIK

Isomer Struktur



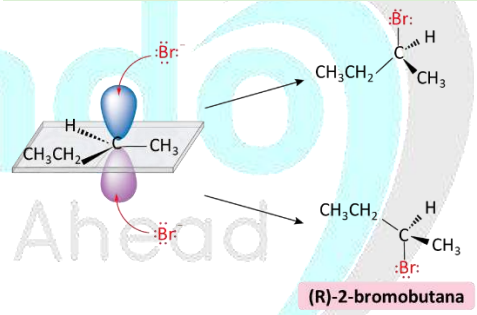
Sumber: Study.com dengan modifikasi

Isomer struktur adalah senyawa dengan rumus molekul sama tetapi susunan keterikatan atom berbeda, sehingga memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda.

Jenis utamanya meliputi:	
Isomer rangka	perbedaan susunan rantai karbon
Isomer posisi	perbedaan letak gugus fungsi atau ikatan
Isomer gugus fungsi	perbedaan jenis gugus fungsi

Pemahaman isomer struktur penting dalam identifikasi, sintesis, dan karakterisasi senyawa organik karena satu rumus molekul dapat menghasilkan senyawa dengan sifat yang sangat berbeda.

Isomer Ruang (Stereoisomer)



Sebuah proton ditambahkan ke ikatan rangkap 1-butena untuk menghasilkan karbokation sekunder perantara. Karbokation ini bersifat akiral karena memiliki bidang simetri. Ion bromida dapat menyerang dengan probabilitas yang sama dari atas atau bawah untuk menghasilkan campuran rasemik.

Sumber: Robert J/ScienceDirect dengan modifikasi

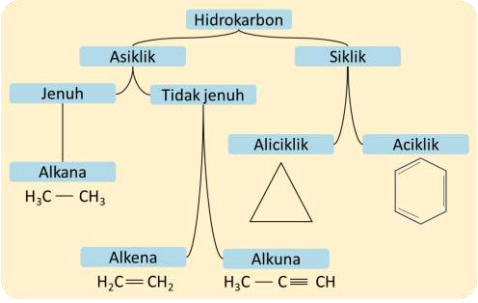
Stereoisomer adalah senyawa dengan rumus molekul dan urutan keterikatan atom yang sama, tetapi berbeda dalam susunan atom di ruang tiga dimensi.

No	Isomer Ruang (Stereoisomer):
1	**Enantiomer:** Pasangan molekul yang merupakan bayangan cermin satu sama lain namun tidak dapat dihimpitkan (*non-superimposable*). Enantiomer memiliki sifat fisik identik

	seperti titik didih dan kelarutan, tetapi berbeda dalam arah rotasi cahaya terpolarisasi serta interaksi dengan lingkungan kiral seperti enzim.
2	**Diastereomer:** Stereoisomer yang bukan bayangan cermin satu sama lain. Diastereomer memiliki sifat fisik berbeda, seperti titik leleh dan kelarutan, sehingga dapat dipisahkan melalui metode fisik seperti distilasi atau kristalisasi.
3	**Isomer Geometri (Cis-Trans atau E/Z):** Jenis diastereomer yang muncul akibat rotasi terbatas pada ikatan rangkap dua atau struktur cincin. Penentuan konfigurasi menggunakan sistem E (*entgegen* = berseberangan) dan Z (*zusammen* = sepihak).
4	**Senyawa Meso:** Molekul yang memiliki pusat kiral tetapi bersifat akiral secara keseluruhan karena mempunyai bidang simetri internal. Senyawa meso tidak aktif optik karena tidak memutar cahaya terpolarisasi.
5	**Konfigurasi Absolut (R/S):** Sistem penamaan IUPAC berdasarkan aturan *Cahn-Ingold-Prelog* untuk menentukan orientasi atom di sekitar pusat kiral menurut prioritas substituen.

5.4 GUGUS FUNGSI

Hidrokarbon



Sumber: Aakash Medical IIT-JEE Foundations dengan modifikasi

Hidrokarbon adalah senyawa organik sederhana yang tersusun atas karbon dan hidrogen, dibedakan menjadi alifatik dan siklik. Sifat fisik dan kimia hidrokarbon penting dalam industri, terutama pengolahan minyak bumi.

Jenis Hidrokarbon Berdasarkan Ikatan

Jenis Hidrokarbon Berdasarkan Ikatan	
Alkana	Ikatan tunggal (C-C) dengan hibridasi sp3
Alkena	Ikatan rangkap dua (C=C) dengan hibridasi sp2
Alkuna	Ikatan rangkap tiga (C≡C) dengan hibridasi sp

Sifat Kimia dan Reaktivitas

Senyawa	Reaktivitas
Alkana	Rendah (inert)
Karakteristik: Stabil, umumnya mengalami substitusi radikal bebas	
Alkena	Tinggi
Karakteristik: Mudah mengalami adisi elektrofilik	
Alkuna	Tinggi
Karakteristik: Reaktif terhadap reaksi adisi	
Aromatik (benzena)	Stabil khusus
Karakteristik: Delokalisasi elektron siklik (resonansi)	

Senyawa Mengandung Oksigen

Tiga gugus fungsi yang mengandung oksigen yang umum ditemukan dalam molekul organik.	
Gugus hidroksil	– OH
Gugus karbonil	
Gugus karboksil	

Sumber: LibreTextsChemistry dengan modifikasi

Senyawa organik yang mengandung oksigen memiliki gugus fungsi spesifik yang memengaruhi polaritas, kemampuan membentuk ikatan hidrogen, serta sifat fisik dan kimianya.

Kelompok Utama Senyawa Oksigen

Gugus Fungsi	Rumus Umum
Alkohol	-OH
Karakteristik: Polar, dapat membentuk ikatan hidrogen, bersifat amfoter	
Eter	-O-
Karakteristik: Lebih inert, stabil, sering digunakan sebagai pelarut	
Aldehida	C=O (terminal)

Karakteristik: Reaktif, penting dalam metabolisme	
Keton	C=O (internal)
Karakteristik: Senyawa intermediet penting	
Asam Karboksilat	-COOH
Karakteristik: Keasaman tinggi, polar	
Ester	-COOR
Karakteristik: Memberi aroma buah, pembentuk lemak	
Anhidrida	-(CO)O(CO)-
Karakteristik: Turunan asam karboksilat	

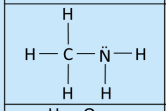
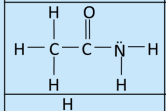
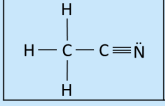
Sifat Fisik dan Kimia

1. Atom oksigen meningkatkan elektronegativitas dan polaritas molekul.
2. Titik didih serta kelarutan meningkat dibanding hidrokarbon sejenis.
3. Alkohol dapat bertindak sebagai asam maupun basa lemah.
4. Eter relatif kurang reaktif karena kestabilan strukturnya.
5. Asam karboksilat lebih asam daripada alkohol akibat stabilisasi resonansi anion karboksilat.

Peran Biokimia dan Industri

Senyawa	Peran
Ester	Aroma buah-buahan, pembentukan trigliserida
Aldehida	Intermediet metabolisme karbohidrat
Keton	Senyawa metabolik penting
Asam karboksilat	Sintesis biologis dan industri
Eter	Pelarut organik

Senyawa Mengandung Nitrogen

Rumus Struktur	Nama	Rumus Molekul
	metilamina atau aminometana	CH_3NH_2
	etanamida	CH_3CONH_2
	etanenitril	CH_3CN

Sumber: Stewart/SME Archive dengan modifikasi

Senyawa organik yang mengandung nitrogen memiliki pasangan elektron bebas pada atom nitrogen yang memberikan sifat basa dan nukleofilik.

Kelompok Utama Senyawa Nitrogen

Gugus Fungsi	Rumus Umum
Amina Primer	$-NH_2$
Karakteristik: Basa, nukleofilik	
Amina Sekunder	-NHR
Karakteristik: Basa, reaktif	
Amina Tersier	$-NR_2$
Karakteristik: Basa, dapat membentuk garam	
Amida	$-CONH_2$
Karakteristik: Basa lemah, stabil karena resonansi	
Nitril	-CN
Karakteristik: Intermediet sintetik penting	
Nitro	$-NO_2$
Karakteristik: Gugus elektron-penarik	
Heterosiklik N	Piridin, Pirol
Karakteristik: Struktur biologis penting	

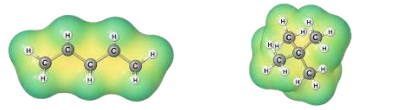
Peran Biologis dan Sintesis

1. Nitril dan nitro berfungsi sebagai intermediet sintetik.
2. Senyawa heterosiklik nitrogen menjadi dasar struktur vitamin, hormon, dan neurotransmiter.
3. Gugus amina/amida penting dalam desain obat karena memengaruhi interaksi dengan protein target.
4. Pembentukan garam amonium kuarterner penting dalam berbagai aplikasi kimia.

5.5 SIFAT FISIKA & KIMIA SENYAWA ORGANIK

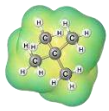
Titik Leleh dan Titik Didih

Pengaruh Luas Permukaan dan Simetri terhadap Titik Didih dan Titik Leleh

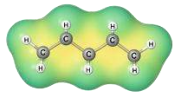


Pentana (C_5H_{12})
Titik didih = 36,1 °C

2,2-dimetilpropana (C_5H_{12})
Titik leleh = -16,5 °C



2,2-dimetilpropana (C_5H_{12})
Titik didih = 9,5 °C

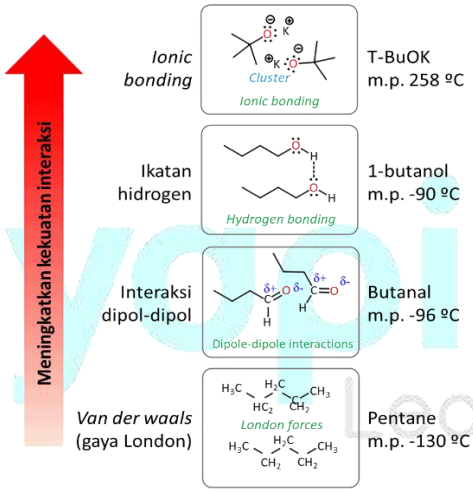


Pentana (C_5H_{12})
Titik leleh = -129,8 °C

2,2-dimetilpropana memiliki **titik leleh lebih tinggi karena lebih simetris.** Pentana memiliki **titik didih lebih tinggi** karena memiliki luas **permukaan yang lebih besar.**
Sumber: Chemistry Steps dengan modifikasi

Titik leleh dan titik didih senyawa organik dipengaruhi oleh gaya antarmolekul, massa molekul, serta struktur molekul.

Kekuatan relatif interaksi antarmolekul



Sumber: Chemistry Steps dengan modifikasi

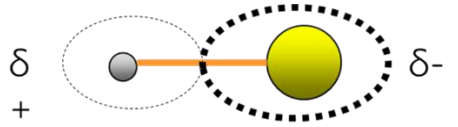
Faktor Utama Penentu

Faktor	Pengaruh
Gaya dispersi London	Dominan pada hidrokarbon nonpolar
Interaksi dipol-dipol	Meningkatkan titik didih senyawa polar
Ikatan hidrogen	Sangat meningkatkan titik didih dan titik leleh
Berat molekul	Semakin besar, titik didih meningkat
Panjang rantai karbon	Semakin panjang, gaya dispersi meningkat
Percabangan	Menurunkan titik didih
Simetri molekul	Dapat meningkatkan titik leleh

Pengaruh Struktur Molekul

Struktur	Dampak
Rantai linear	Titik didih lebih tinggi
Percabangan tinggi	Titik didih lebih rendah
Molekul simetris	Titik leleh lebih tinggi
Struktur kompak	Efisiensi pengepakan kristal meningkat

Polarisitas dan Kelarutan

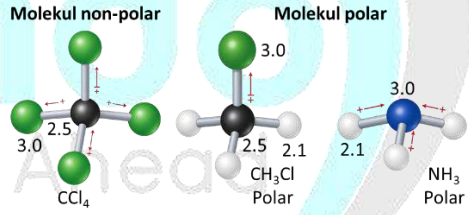


Sedikit positif
Elektron mengorbit lebih sedikit

Sedikit negatif
Elektron mengorbit lebih banyak

Sumber: Weebly dengan modifikasi

Polaritas senyawa organik dipengaruhi oleh perbedaan elektronegativitas dan bentuk molekul, yang menentukan distribusi muatan. Senyawa polar larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa nonpolar larut dalam pelarut nonpolar *("like dissolves like")*.



Sumber: Weebly dengan modifikasi

Faktor Penentu Polaritas

Faktor	Pengaruh
Perbedaan elektronegativitas	Membentuk momen dipol
Atom elektronegatif tinggi (O, N, halogen)	Menarik elektron lebih kuat
Geometri molekul	Menentukan polaritas total
Simetri molekul	Dapat meniadakan dipol total

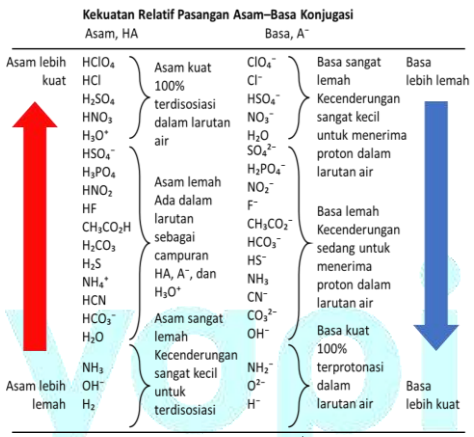


Sumber: Weebly dengan modifikasi

Pengaruh Struktur terhadap Kelarutan

Pengaruh Struktur terhadap Kelarutan	
1	Gugus polar (alkohol, karboksilat) meningkatkan kelarutan dalam air.
2	Rantai karbon panjang meningkatkan sifat hidrofobik.
3	Semakin panjang rantai karbon, kelarutan air menurun.
4	Keseimbangan bagian hidrofilik dan hidrofobik menentukan sifat larutan.

Keasaman dan Kebasaan

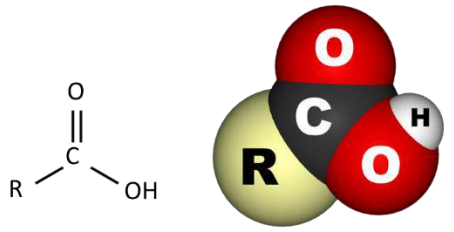


Sumber: rerachelle/Quizlet dengan modifikasi

Keasaman dan kebasaan senyawa organik ditentukan oleh stabilitas struktur setelah pelepasan atau penerimaan proton (H^+).

Faktor Penentu Keasaman

Faktor	Pengaruh
Stabilitas basa konjugasi	Semakin stabil, semakin asam
Resonansi	Delokalisasi muatan meningkatkan keasaman
Elektro-negativitas	Atom/gugus penarik elektron meningkatkan keasaman
Efek induktif	Gugus penarik elektron memperkuat asam
Hibridisasi orbital	Karakter s lebih tinggi meningkatkan keasaman



Asam karboksilat

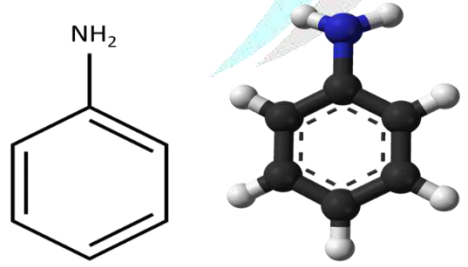
Sumber: De.Nobelium dan Benjah-bmm27/ Wikipedia Commons, modifikasi

Contoh Keasaman

1. Asam karboksilat lebih asam daripada alkohol karena ion karboksilat distabilkan resonansi.
2. Karbon sp lebih asam dibanding sp^2 atau sp^3 karena elektron lebih dekat ke inti.

Faktor Penentu Kebasaan

Faktor	Pengaruh
Ketersediaan pasangan elektron bebas	Semakin tersedia, semakin basa
Gugus donor elektron (EDG)	Meningkatkan kebasaan
Resonansi	Menurunkan kebasaan jika pasangan elektron terdorong ke sistem resonansi
Efek sterik	Hambatan ruang dapat menurunkan kebasaan



Asam karboksilat

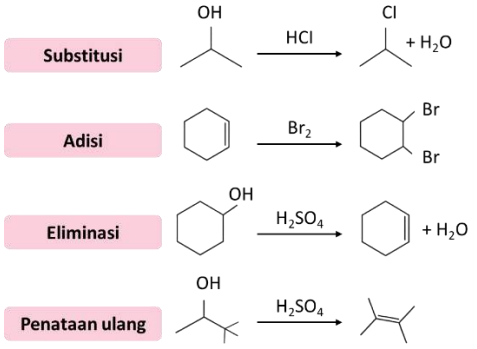
Sumber: ChemSim dan Ben Mills/ Wikipedia Commons, modifikasi

Contoh Kebasaan

1. Amina alifatik lebih basa karena gugus alkil meningkatkan densitas elektron nitrogen.
2. Anilin kurang basa karena pasangan elektron nitrogen terdelokalisasi ke cincin aromatik.

5.6 REAKSI & MEKANISME

Jenis Reaksi Organik



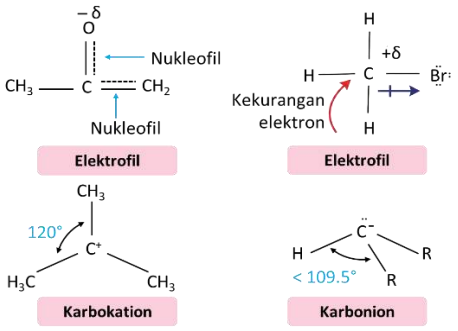
Sumber: Advanced Organic Chemistry/Facebook dengan modifikasi (2020)

Reaksi kimia organik dapat dikelompokkan menjadi empat tipe utama berdasarkan perubahan pada kerangka karbon dan gugus fungsinya.

(Newman., et al. 2020)

Klasifikasi Utama Reaksi Organik

Jenis	Karakteristik	Contoh
Substitusi	Penggantian atom/gugus dengan gugus lain	SN1, SN2, SEAr
Adisi	Penggabungan dua reaktan menjadi satu produk	Reaksi pada alkena /alkuna
Eliminasi	Pelepasan fragmen membentuk ikatan rangkap	Dehidrasi, dehidro-halogenasi
Penataan Ulang	Reorganisasi struktur atom	Pembentu-kan isomer stabil

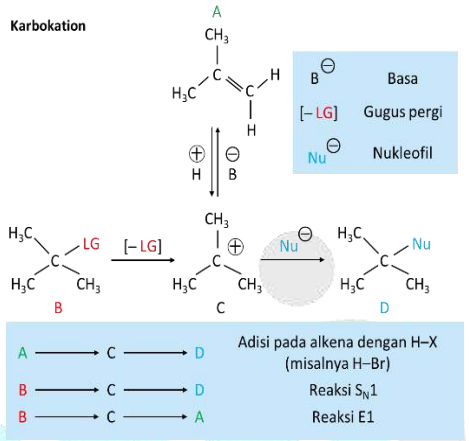


Sumber: LearnoHub, Physics Wallah, Curly Arrows dengan modifikasi

Spesies Penting dalam Mekanisme

Spesies	Sifat
Nukleofil	Kaya elektron
Elektrofil	Kekurangan elektron
Karbokation	Bermuatan positif
Karbanion	Bermuatan negatif

Mekanisme Reaksi



Sumber: James Ashenhurst/Master Organic Chemistry dengan modifikasi (2022)

Mekanisme reaksi organik menjelaskan perpindahan elektron dan tahapan perubahan reaktan menjadi produk melalui interaksi nukleofil dan elektrofil. Reaksi dapat berlangsung serentak / bertahap melalui intermediet seperti karbokation, karbanion, atau radikal bebas.

Jenis Zat Antara

Zat Antara	Karakteristik
Karbokation	Bermuatan positif
Karbanion	Bermuatan negatif
Radikal bebas	Elektron tidak berpasangan

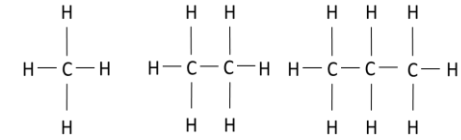
Aplikasi dalam Reaksi Organik

Reaksi	Aspek Penting
SN1 vs SN2	Perbedaan jalur substitusi
E1 vs E2	Perbedaan eliminasi
Regioselektivitas	Posisi produk utama
Stereokimia	Konfigurasi produk

5.7 SENYAWA ORGANIK ALIFATIK

Alkana dan Reaksinya

Struktur kimia alkana sederhana

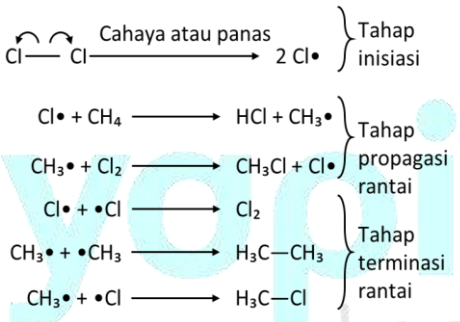


Metana | Etana | Propana

Sumber: Mohana Priya/A Level Chemistry dengan modifikasi

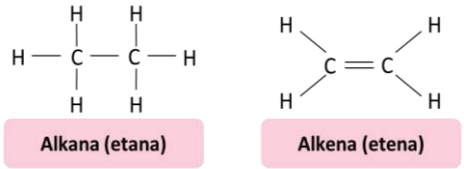
Alkana yaitu hidrokarbon jenuh yang hanya memiliki ikatan tunggal C–C dan C–H dengan rumus umum C_nH_{2n+2}.

Mekanisme reaksi radikal bebas klorinasi metana

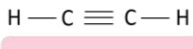


Sumber: Mohana Priya/A Level Chemistry dengan modifikasi

Alkena dan Alkuna



Alkana (etana) | Alkena (etena)



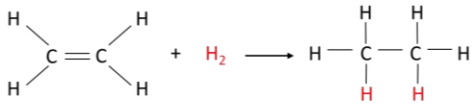
Alkuna (etuna)

Sumber: Study.com dengan modifikasi

Alkena dan alkuna yaitu hidrokarbon tak jenuh yang masing-masing memiliki ikatan rangkap dua (C=C) dan rangkap tiga (C≡C), sehingga lebih reaktif dibanding alkana, terutama dalam reaksi adisi seperti hidrogenasi, halogenasi, dan hidrasi.

Reaksi Alkena

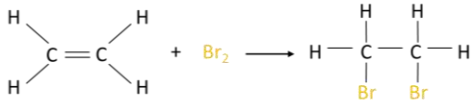
Hidrogenasi Alkena



Etilena (Etena) | Hidrogen | Etana

Reaksi adisi etilena dengan hidrogen untuk menghasilkan etana.

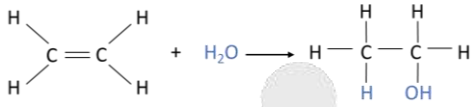
Halogenasi Alkena



Etilena (Etena) | Bromin | 1,2-Dibromoetana

Halogenasi etilena dan bromin untuk menghasilkan 1,2-dibromoetana.

Hidrasi Alkena



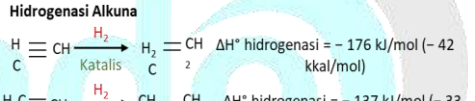
Etilena (Etena) | Air | Etanol

Hidrasi etilena dan air untuk menghasilkan etanol.

Sumber: David Wegman., et al,/Open Library dengan Modifikasi

Reaksi Alkuna

Hidrogenasi Alkuna

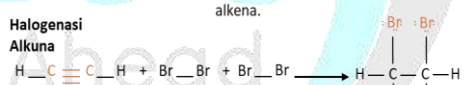


ΔH° hidrogenasi = − 176 kJ/mol (− 42 kkal/mol)

ΔH° hidrogenasi = − 137 kJ/mol (− 33 kkal/mol)

Reduksi alkuna dengan H2 di atas logam dengan katalis perantara alkena.

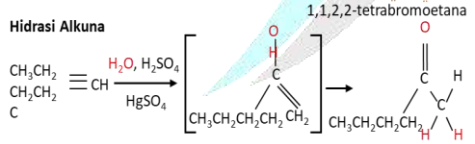
Halogenasi Alkuna



Reaksi adisi yang melibatkan asetilena dan bromin

1,1,2,2-tetrabromoetana

Hidrasi Alkuna



1-Heksuna | Suatu enol | 2-Heksanon (78%)

Hidrasi 1-heksuna untuk menghasilkan 2-heksanon.

Sumber: David Wegman., et al,/Open Library dengan modifikasi

Reaksi Radikal Bebas



Reaksi radikal bebas yang terdiri dari tahap inisiasi dan propagasi. Radikal terbentuk melalui pemutusan ikatan homolitik, lalu bereaksi berantai dengan molekul lain membentuk radikal baru hingga menghasilkan produk yang lebih stabil.

Sumber: Ankur Choudhary/Pharmaguideline dengan modifikasi (2024)

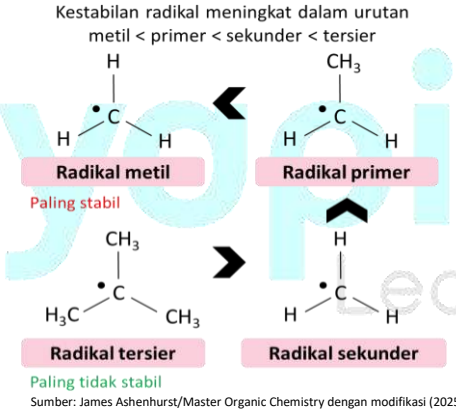
Reaksi radikal bebas adalah proses kimia yang melibatkan spesi dengan satu atau lebih elektron tidak berpasangan (radikal).

Tahapan Utama Reaksi Radikal Bebas

Tahap	Karakteristik
Inisiasi	Pemutusan ikatan kovalen secara homolitik menghasilkan radikal
Propagasi	Radikal bereaksi dengan molekul stabil membentuk radikal baru
Terminasi	Dua radikal bergabung membentuk senyawa stabil

Stabilitas Radikal Karbon

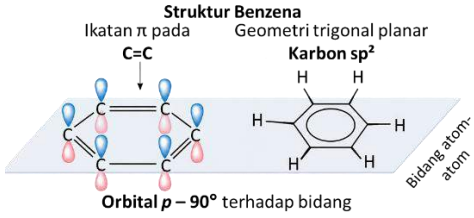
Urutan stabilitas: Tersier > Sekunder > Primer > Metil



Sumber: James Ashenhurst/Master Organic Chemistry dengan modifikasi (2025)

5.8 SENYAWA AROMATIK

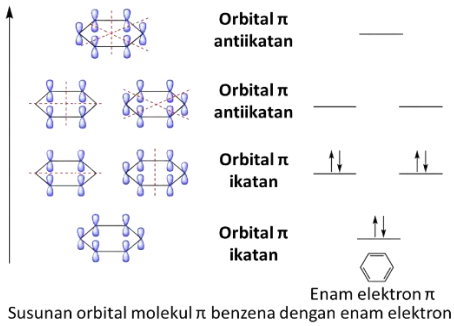
Struktur dan Stabilitas Benzena



Sumber: Chemistry Steps dengan modifikasi

Struktur dan stabilitas benzena dipengaruhi cincin planar enam atom karbon dengan sistem elektron π terdelokalisasi membentuk resonansi, sehingga semua ikatan C–C setara dan memberikan kestabilan tinggi sesuai Aturan Hückel (4n+2 elektron π).

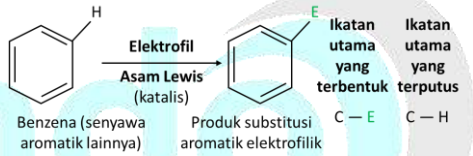
(Smith, J. G, 2022).



Susunan orbital molekul π benzena dengan enam elektron π yang terdelokalisasi pada cincin planar. Delokalisasi elektron ini membentuk resonansi, membuat ikatan C–C setara dan memberikan kestabilan aromatik sesuai Aturan Hückel.

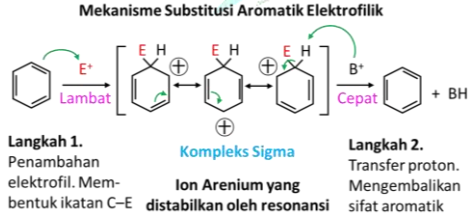
Sumber: KPU pressbooks dengan modifikasi

Substitusi Elektrofilik Aromatik



Sumber: James Ashenhurst/Master Organic Chemistry (2026)

Substitusi elektrofilik aromatik adalah reaksi dasar pada cincin aromatik, khususnya benzena, di mana atom hidrogen digantikan oleh elektrofil tanpa menghilangkan aromatisitas permanen.



Sumber: Chemistry Steps dengan modifikasi

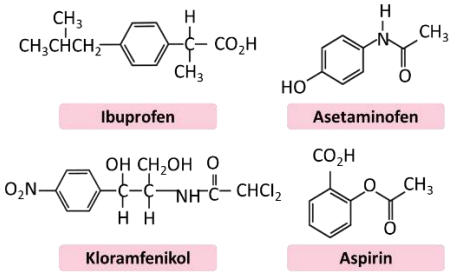
Tahapan Mekanisme SEAr

Tahap	Karakteristik
Serangan elektrofil	Elektrofil menyerang awan elektron π benzena
Pembentukan kompleks sigma	Terbentuk intermediet kation siklik beresonansi
Deprotonasi	Pelepasan H^+ memulihkan aromatisitas

Pengaruh Substituen terhadap Reaktivitas

Jenis Gugus	Efek	Arah
EDG *(Electron Donating Group)*	Mengaktifkan cincin	Orto/ Para
EWG *(Electron Withdrawing Group)*	Menonaktifkan cincin	Meta

Senyawa Aromatik dalam Obat



Sumber: Robert J. Ouellette,. Et al./ScienceDirect dengan modifikasi

Cincin aromatik, termasuk benzena dan heterosiklik aromatik, merupakan komponen penting dalam banyak obat modern karena sifat planar dan hidrofobiknya.

Peran Cincin Aromatik dalam Farmasi

Fungsi	Penjelasan
Interaksi biologis	Berikatan dengan protein atau enzim melalui π-π stacking dan gaya van der Waals
Lipofilisitas	Meningkatkan kemampuan menembus membran sel
Stabilitas struktur	Menjadi pusat aktivitas biologis
Modifikasi farmakokinetik	Mengatur metabolisme obat

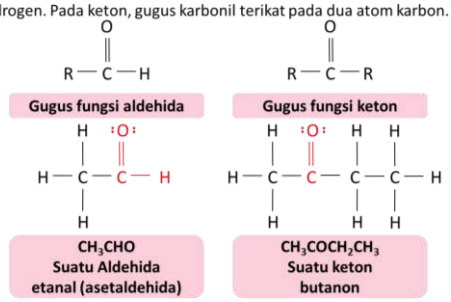
5.9 SENYAWA ORGANIK BERFUNGSI GANDA

Aldehid dan Keton

Nama senyawa aldehida dan keton diturunkan menggunakan aturan tata nama yang mirip dengan alkana dan alkohol, serta mencakup akhiran pengenal kelas ***-al*** dan ***-one,*** masing-masing.



Pada aldehida, gugus karbonil terikat pada setidaknya satu atom hidrogen. Pada keton, gugus karbonil terikat pada dua atom karbon.



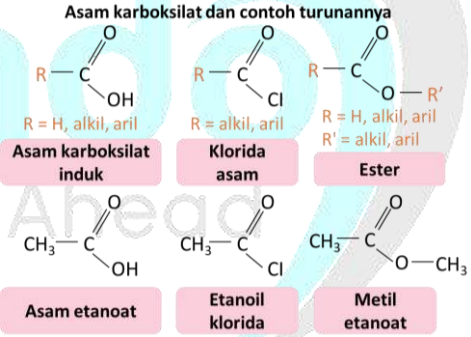
Dalam bentuk teks, gugus aldehida dituliskan sebagai **–CHO;** keton dituliskan sebagai **–C(O)–** atau **–CO–.**

Sumber: Openstax dengan modifikasi

Aldehid dan keton adalah senyawa organik yang mengandung gugus karbonil (C=O). Aldehid dengan gugus –CHO di ujung rantai sedangkan keton dengan gugus C=O di tengah rantai.

Asam Karboksilat dan Turunannya

Asam karboksilat dan contoh turunannya



Sumber: Dr Phil Brown PhD/Doc Brown dengan modifikasi (2026)

Asam karboksilat adalah senyawa organik bergugus karboksil yang bersifat asam, polar, dan bertitik didih tinggi karena resonansi serta ikatan hidrogen. Senyawa ini penting dalam reaksi esterifikasi, amidasi, dan berbagai proses biokimia.

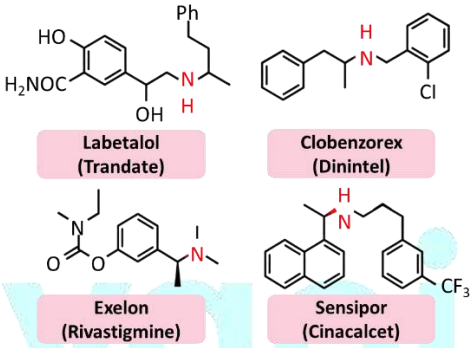
Sifat Fisik Beberapa Senyawa Organik

Rumus	Nama IUPAC	Titik Didih	Larutan
$CH_3(CH_2)_2CO_2H$	asam butanoat	164°C	sangat mudah larut
$CH_3(CH_2)_4OH$	1-pentanol	138°C	sedikit larut
$CH_3(CH_2)_3CHO$	pentanal	103°C	sedikit larut

$CH_3CO_2C_2H_5$	etil etanoat	77°C	larut sedang
$CH_3CH_2CO_2CH_3$	metil propanoat	80°C	sedikit larut
$CH_3(CH_2)_2CONH_2$	butanamida	216°C	larut
$CH_3CON(CH_3)_2$	N,N-dimetil-etanamida	165°C	sangat mudah larut
$CH_3(CH_2)_4NH_2$	1-amino-butana	103°C	sangat mudah larut
$CH_3(CH_2)_3CN$	pentanenitril	140°C	sedikit larut
$CH_3(CH_2)_4CH_3$	heksana	69°C	tidak larut

Sumber: William Reusch/Chemistry.msu.edu dengan modifikasi

Amina dan Senyawa Nitrogen

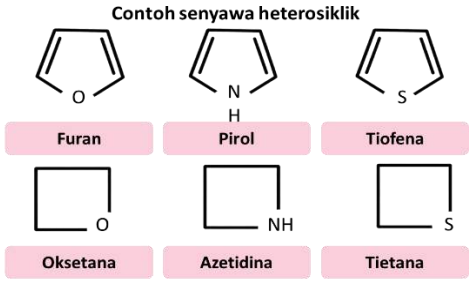


Sumber: Xuzhong Shen., et al,/ResearchGate dengan modifikasi (2020)

Amina dan senyawa nitrogen organik merupakan turunan amonia yang bersifat basa karena memiliki pasangan elektron bebas pada nitrogen. Senyawa ini dapat mengalami berbagai reaksi seperti alkilasi dan pembentukan garam amonium. Kelompoknya mencakup amida, nitril, dan heterosiklik yang penting dalam biokimia serta farmasi.

5.10 SENYAWA HETEROSIKLIK

Klasifikasi Senyawa Heterosiklik



Sumber: Aakash Medical IIT-JEE Fondations dengan modifikasi

Senyawa heterosiklik adalah senyawa organik siklik yang memiliki minimal satu atom selain karbon di dalam cincin. Atom tersebut disebut heteroatom, dan yang paling umum ditemukan adalah nitrogen (N), oksigen (O), dan belerang (S).

(Smith, M. B. 2020).

Klasifikasi Senyawa Heterosiklik

Dasar Klasifikasi	Jenis
Ukuran cincin	Cincin 3–6 anggota
Karakteristik: Dibedakan berdasarkan jumlah atom penyusun cincin	
Derajat kejenuhan	Heterosiklik alifatik
Karakteristik: Bersifat non-aromatik	
Derajat kejenuhan	Heterosiklik aromatik
Karakteristik: Stabil karena memenuhi aturan Hückel	
Sistem cincin	Cincin terpadu
Karakteristik: Memiliki struktur *fused heterocycles*	
Jumlah heteroatom	Multi-heteroatom
Karakteristik: Mengandung lebih dari satu heteroatom	

Contoh Senyawa Heterosiklik

Jenis	Contoh
Heterosiklik alifatik	Piperidina, tetrahidrofuran
Karakteristik: Sifat kimia menyerupai analog rantai terbukanya	
Heterosiklik aromatik	Piridina, indol
Karakteristik: Stabil karena sistem elektron π aromatik	
Senyawa biologis	Asam nukleat, klorofil, hemoglobin
Karakteristik: Berperan penting dalam sistem biologis	

	Jenuh			Tidak jenuh		
Heteroatom	**Nitrogen**	**Oksigen**	**Sulfur**	**Nitrogen**	**Oksigen**	**Sulfur**
Senyawa Heterosiklik Beranggota Tiga	Aziridina	Oksirana	Tiirana	Azirina	Oksirena	Tiirena
Senyawa Heterosiklik Beranggota Empat	Azetidina	Oksetana	Tietana	Azeta	Okseta	Tieta
Senyawa Heterosiklik Beranggota Lima	Pirolidina	Oksolana	Tiolana	Pirol	Furan	Tiofena
Senyawa Heterosiklik Beranggota Enam	Piperidina	Oksana	Tiana	Piridina	Pirana	Tiopirana

Sumber: International Jurnal of Scientific research and technology dengan modifikasi

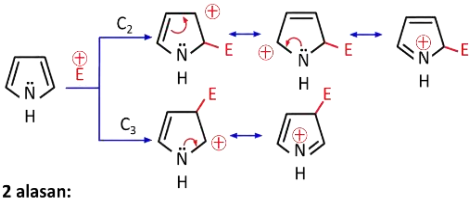
Senyawa Heterosiklik Umum

Senyawa heterosiklik umum mencakup cincin yang mengandung atom hetero seperti nitrogen, oksigen, atau sulfur, misalnya piridina, pirrol, furan, dan tiofena.

Reaktivitas dan Aplikasi Farmasi

Reaksi Substitusi Elektrofilik

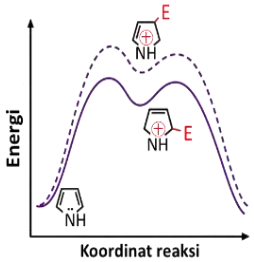
Pirol mengalami reaksi substitusi elektrofilik pada posisi ke-2



2 alasan:

- Serangan pada C2 menghasilkan lebih banyak struktur penyumbang resonansi dibandingkan C3.
- Struktur penyumbang yang lebih stabil tambahan terbentuk pada serangan C2.

Reaksi Substitusi Elektrofilik



- Diagram energi menunjukkan bahwa serangan pada C2 membentuk intermediat yang lebih stabil dibandingkan C3.
- Oleh karena itu, C2 lebih dipilih dibandingkan C3.

Sumber: AZCPh/Slideshare dengan modifikasi

Reaktivitas senyawa heterosiklik dipengaruhi oleh jenis heteroatom dan pengaruhnya terhadap kerapatan elektron π pada cincin. Perbedaan jumlah anggota cincin dan posisi heteroatom menentukan apakah senyawa lebih mudah mengalami substitusi elektrofilik atau serangan nukleofilik.

Reaksi Substitusi nukleofilik

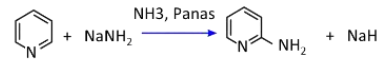
Mengapa piridina mengalami reaksi substitusi nukleofilik pada posisi ke-2



[Sangat stabil] muatan negatif pada N

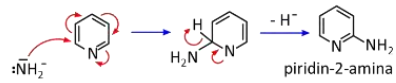
- Serangan pada posisi ke-2 menghasilkan intermediat yang lebih stabil yang mengandung muatan negatif pada N

Reaksi Substitusi nukleofilik



Mekanisme

piridin-2-amina



Reaksi piridina dengan sodamida pada suhu tinggi

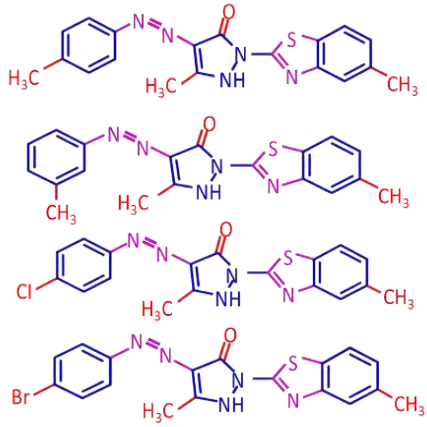
Sumber: AZCPh/Slideshare dengan modifikasi

Perbandingan Reaktivitas Heterosiklik

Jenis	Contoh
Heterosiklik 5 anggota	Pirol
Karakteristik: Pasangan elektron bebas nitrogen terlibat dalam cincin aromatik	

Reaksi: Substitusi elektrofilik pada posisi C-2	
Heterosiklik 6 anggota	Piridina
Karakteristik: Nitrogen menarik elektron keluar dari Cincin **Reaksi:** Rentan terhadap serangan nukleofilik pada posisi 2 dan 4	

Aplikasi dalam Farmasi



Gambar menunjukkan struktur senyawa heterosiklik pewarna azo yang berpotensi sebagai antimikobakteri melalui interaksi dengan target biologis.
Sumber: Faiz Ullah/Scholarly Community Encyclopedia (2022)

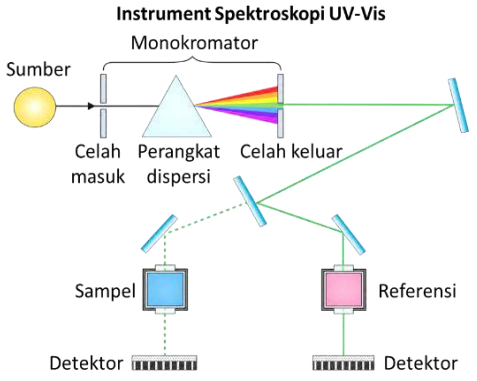
Senyawa heterosiklik penting dalam dunia farmasi karena memiliki kerangka cincin yang kaku. Struktur ini memungkinkan penempatan gugus fungsi secara tepat sehingga dapat berinteraksi dengan reseptor biologis melalui ikatan hidrogen dan interaksi π–π.

Peran Heterosiklik dalam Obat

Peran	Penjelasan
Pembentuk struktur biologis	Cincin pirimidin dan purin merupakan penyusun utama basa nukleat DNA
Antibiotik	Cincin β-laktam menjadi inti aktif antibiotik penisilin
Sistem redoks biologis	Heteroatom dapat berpartisipasi dalam proses redoks
Pengaruh kelarutan	Heteroatom memengaruhi lipofilisitas senyawa
Pengembangan obat modern	Digunakan dalam pengembangan obat antikanker hingga antipsikotik

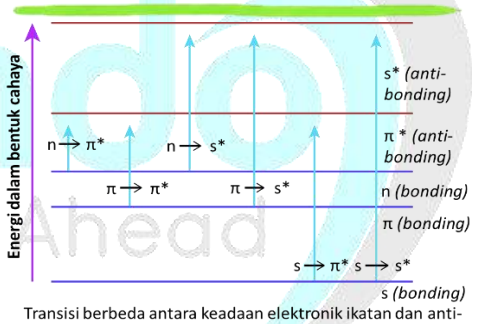
5.11 SPEKTROSKOPI

Spektroskopi UV-Vis

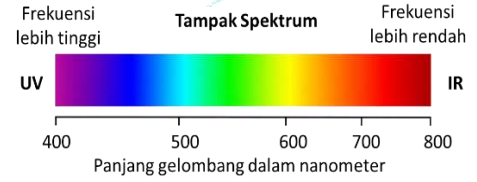


Sumber: Crawford Scientific/CHROMacademy dengan modifikasi

Spektroskopi UV-Vis yaitu metode analisis yang mengukur penyerapan cahaya UV dan visibel oleh molekul organik untuk menentukan struktur dan konsentrasi senyawa.



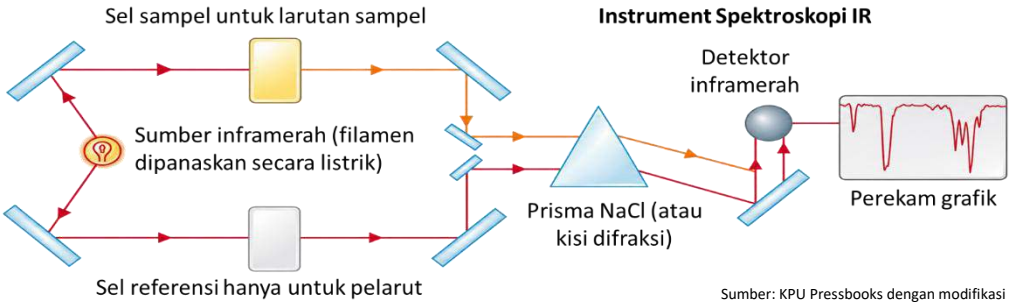
Transisi berbeda antara keadaan elektronik ikatan dan anti-ikatan ketika energi cahaya diserap dalam Spektroskopi UV-Vis
Sumber: Akul Mehta/Pharmaxchange dengan modifikasi



Sumber: Open Library dengan modifikasi

Prinsip Dasar UV-Vis

Komponen	Penjelasan
Rentang panjang gelombang	400–800 nm
Dasar analisis	Penyerapan radiasi elektromagnetik
Perubahan energi	Elektron naik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi
Jenis transisi utama	π → π* dan n → π*



Sumber: KPU Pressbooks dengan modifikasi

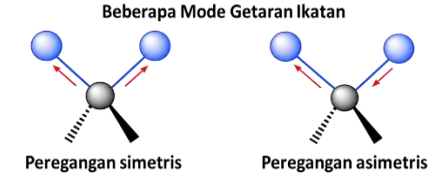
Bagian molekul penyerap cahaya	Kromofor, sistem ikatan rangkap terkonjugasi, dan gugus dengan pasangan elektron bebas

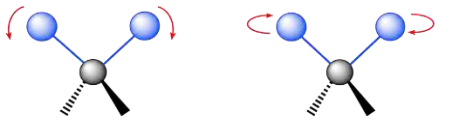
Peran dalam Bidang Farmasi &Kesehatan

Aplikasi	Fungsi
Penentuan kadar zat aktif obat	Mengukur kandungan zat aktif secara kuantitatif
Uji disolusi	Memantau pelepasan zat aktif dari sediaan
Pemantauan stabilitas senyawa	Menilai perubahan senyawa selama penyimpanan atau pengujian
Kontrol kualitas	Memastikan mutu produk di laboratorium medis dan industri farmasi
Deteksi kemurnian	Membantu melihat kemungkinan adanya ketidakmurnian senyawa

Spektroskopi IR

Spektroskopi IR yaitu teknik mengidentifikasi gugus fungsi berdasarkan penyerapan radiasi inframerah oleh getaran ikatan kimia. Setiap ikatan memiliki pola serapan khas, sehingga spektrum IR digunakan untuk mengenali struktur molekul.





Sumber: KPU Pressbooks dengan modifikasi

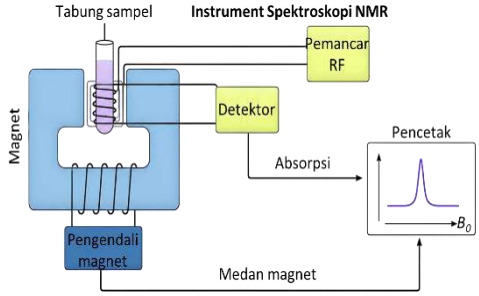
Prinsip Dasar Spektroskopi IR

Komponen	Penjelasan
Dasar analisis	Interaksi radiasi inframerah dengan vibrasi ikatan kimia
Jenis getaran	Peregangan (*stretching*) dan penekukan (*bending*)
Proses utama	Energi IR diserap saat frekuensi cocok dengan getaran ikatan
Hasil analisis	Spektrum IR sebagai profil unik suatu molekul
Rentang bilangan gelombang	4000–400 cm^{-1}

Fungsi Spektrum IR

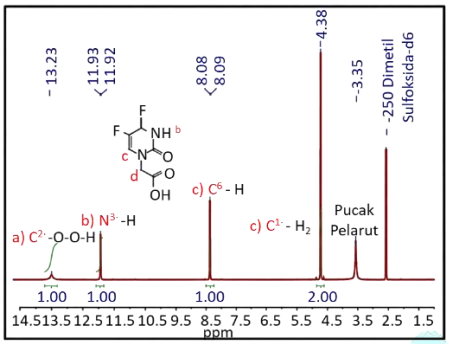
Ikatan	Peran dalam Identifikasi
C=O	Menunjukkan adanya gugus karbonil
O-H	Menunjukkan adanya gugus hidroksil
N-H	Menunjukkan adanya ikatan nitrogen-hidrogen
C-H	Menunjukkan keberadaan ikatan karbon-hidrogen

Spektroskopi NMR (^1H dan ^{13}C)



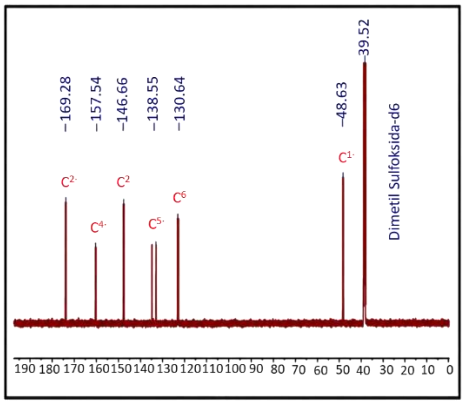
Sumber: Sagar Aryal/Microbe Notes dengan modifikasi (2022)

Spektroskopi NMR (^1H dan ^{13}C) yaitu metode analisis struktur molekul berdasarkan sifat magnetik inti atom hidrogen dan karbon. Teknik ini memberikan informasi tentang lingkungan kimia atom, jumlah atom ekuivalen, hubungan antaratom, dan kerangka karbon.



Spektrum 1H-NMR dan 13C-NMR dari 5-FA. **(a)** Spektrum 1H-NMR dari 5-FA (600 MHz, pelarut DMSO). Sumbu horizontal adalah pergeseran kimia sinyal proton dalam bagian per juta (ppm) dan angka di atas sumbu mencerminkan kelimpahan masing-masing proton. 1H NMR (600 MHz, DMSO) δ 13,23 (s, 1H), 11,92 (d, J = 4,8 Hz, 1H), 8,08 (d, J = 6,7 Hz, 1H), 4,36 (s, 2H).

Sumber: Bee Koon Gan/ResearchGate dengan modifikasi (2020)



Spektrum 1H-NMR dan 13C-NMR dari 5-FA. **(b)** Spektrum 13C-NMR dari 5-FA (151 MHz, pelarut DMSO). Sumbu horizontal mewakili energi atau frekuensi gelombang radio yang diserap oleh atom 13C. 13 C NMR (151 MHz, DMSO) δ 169,28 (s), 157,54 (s), 149,66 (s), 138,55 (s), 130,64 (s), 48,63 (s).

Sumber: Bee Koon Gan/ResearchGate dengan modifikasi (2020)

Prinsip Dasar NMR

Komponen	Penjelasan
Dasar analisis	Sifat magnetik inti atom
Inti yang umum dianalisis	^1H dan ^{13}C
Sumber energi	Energi radiofrekuensi
Proses utama	Transisi antar tingkat energi spin magnetik
Informasi utama	Struktur dan kerangka atom dalam molekul

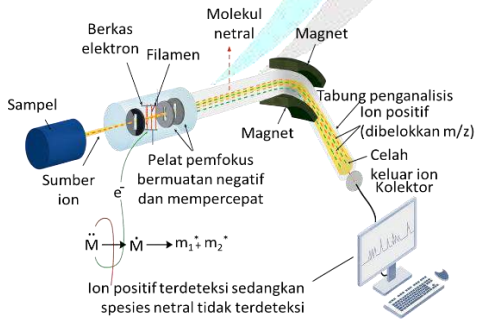
Informasi dalam ^1H NMR

Parameter	Fungsi
Jumlah sinyal	Menunjukkan jumlah kelompok proton ekuivalen
Integrasi	Menunjukkan rasio jumlah atom H pada setiap sinyal
Pemecahan *spin-spin*	Menunjukkan jumlah atom H tetangga
Aturan n+1	Digunakan untuk mengetahui jumlah atom H tetangga

Informasi dalam ^{13}C NMR

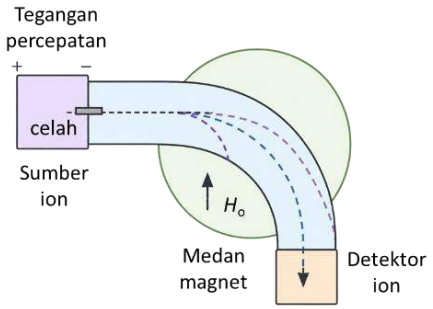
Jenis	Pergeseran	Kegunaan
^1H NMR	0–12 ppm	Menganalisis lingkungan proton
^{13}C NMR	0–220 ppm	Menganalisis kerangka karbon

Spektrometri Massa (MS)

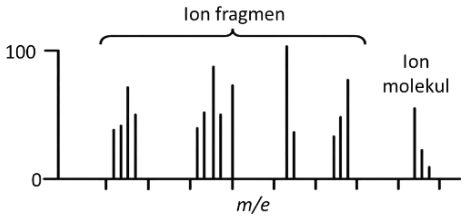


Sumber: Khalid Al Nabhani/ScienceDirect dengan modifikasi (2021)

Spektrometri massa (MS) adalah teknik analisis yang menentukan massa molekul dan struktur senyawa berdasarkan rasio massa-muatan (m/z) ion. Metode ini menggunakan ionisasi dan pemisahan ion untuk menghasilkan spektrum khas.



Jalur ion dalam spektrometer massa



Ion molekuler dan ion fragmen

Sumber: pharmacy180 dengan modifikasi

Prinsip Dasar Spektrometri Massa

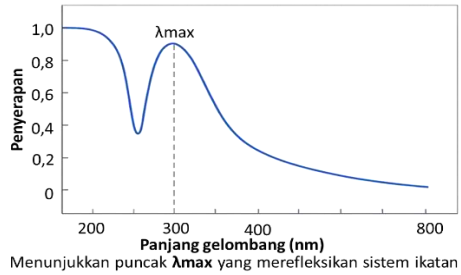
Komponen	Penjelasan
Dasar analisis	Rasio massa terhadap muatan (m/z)
Sampel yang dianalisis	Molekul yang diubah menjadi ion fase gas
Tujuan utama	Menentukan massa molekul dan informasi struktur
Hasil analisis	Spektrum massa berupa kelimpahan relatif fragmen
Puncak penting	Ion molekul (M^+) sebagai petunjuk berat molekul

Metode Ionisasi

Bidang	Kegunaan
Produk alam	Mengidentifikasi struktur senyawa hasil alam
Kesehatan	Menganalisis pola fragmentasi senyawa biologis
Metabolit sekunder	Menjadi "sidik jari" kimia untuk struktur kompleks
Farmakokinetika	Mendukung studi perjalanan obat dalam sistem biologis
Deteksi residu obat	Membantu analisis senyawa dalam campuran rumit

Interpretasi Data Spektrum

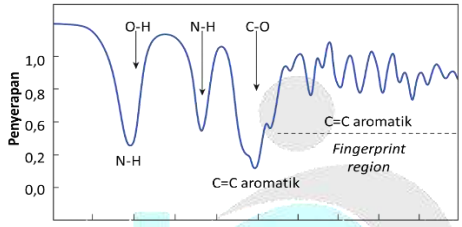
Interpretasi Spektrum UV-Vis



Menunjukkan puncak **λmax** yang merefleksikan sistem ikatan terkonjugasi. Digunakan untuk identifikasi kromofor, senyawa aromatik, serta analisis kemurnian dan konsentrasi larutan.

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

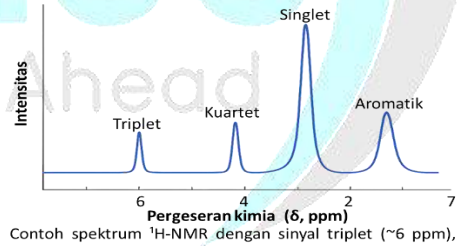
Interpretasi Spektrum IR



Spektrum IR dengan penandaan gugus fungsi utama (O–H, N–H, C=O, C=C aromatik) serta *fingerprint region* (600–1500 cm^{-1}).

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

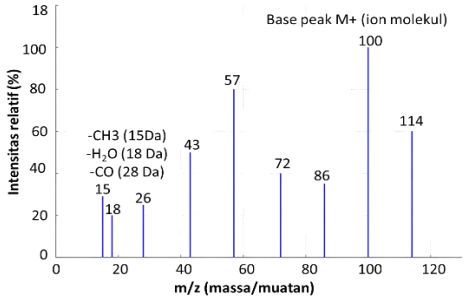
Interpretasi Spektrum NMR



Contoh spektrum ^{1}H-NMR dengan sinyal triplet (~6 ppm), kuartet (~4 ppm), singlet (~3 ppm), dan sinyal aromatik (~7 ppm) yang menunjukkan pergeseran kimia dan pola pembelahan proton sesuai lingkungan kimianya.

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Interpretasi Spektrum Massa



Spektrum Massa (MS) menunjukkan puncak ion molekul (M^+) pada m/z 114 sebagai penentu berat molekul, base peak pada m/z 100 sebagai fragmen paling stabil, serta pola fragmentasi khas (–CH_3, –H_2O, –CO) yang membantu identifikasi struktur molekul.

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Interpretasi data spektrum dilakukan secara bertahap dengan menggabungkan informasi dari beberapa teknik analisis, yaitu Spektrometri Massa (MS), Spektroskopi IR, UV-Vis, dan NMR.

Tahapan Interpretasi Spektrum

Tahap	Teknik	Informasi
1	Spektrometri Massa (MS)	Menentukan massa molekul dan rumus molekul melalui puncak ion molekul (M^+)
2	Spektroskopi IR	Mengidentifikasi gugus fungsi spesifik
3	Spektroskopi UV-Vis	Mengetahui adanya sistem konjugasi atau senyawa aromatik
4	NMR ^1H dan ^{13}C	Menyusun kerangka atom secara lebih presisi

Peran NMR dalam Interpretasi Struktur

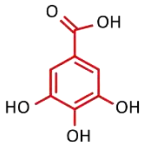
Parameter	Fungsi
Pergeseran kimia (δ)	Menentukan lingkungan elektronik proton
Integrasi	Menentukan jumlah atom H
Multiplicity (n+1)	Mengungkap hubungan antar atom tetangga
^{13}C NMR	Menginformasikan jumlah jenis karbon berbeda

5.12 SINTESIS ORGANIK

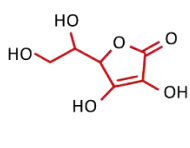
Pengenalan Sintesis Organik

Sintesis Senyawa Organik

Suatu proses pembuatan senyawa organik dalam skala laboratorium dengan melibatkan berbagai bahan kimia



Asam galat



Asam askorbat

Membuat senyawa organik baru yang tidak tersedia dari sumber-sumber alam

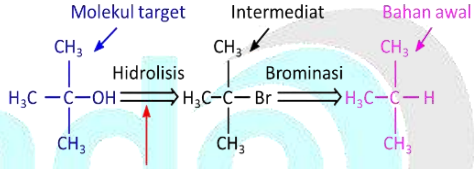
Sumber: Pak Boim/Youtube dengan modifikasi (2021)

Sintesis organik adalah ilmu untuk membuat molekul organik kompleks dari bahan awal sederhana melalui reaksi kimia terencana. Bidang ini penting dalam pembuatan obat, material baru, dan bahan alam langka. Tujuan sintesis organik adalah menghasilkan produk akhir dengan efisien, *yield* tinggi, biaya ekonomis, ramah lingkungan, dan produk samping minimal. Strategi penting dalam sintesis organik adalah analisis retrosintesis, yaitu membongkar molekul target menjadi bagian kecil yang disebut sinton, lalu mencocokkannya dengan reagen nyata.

Analisis Retrosintesis

Analisis retrosintetik

Gagasan untuk bekerja mundur dari molekul target akhir ke bahan awal (biasanya melalui satu atau lebih intermediat) ketika merancang suatu sintesis.



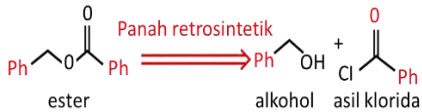
Sumber: santoshgaonkar5/slideshare dengan modifikasi

Analisis retrosintesis adalah metode perencanaan sintesis organik dengan cara menelusuri dari molekul target menuju bahan awal. Proses ini dilakukan dengan memutus ikatan secara mental melalui tahap diskoneksi untuk menentukan fragmen ideal atau *synthon*. *Synthon* kemudian dihubungkan dengan reagen nyata yang tersedia di laboratorium. Tujuan akhirnya adalah menemukan bahan awal yang sederhana, murah, dan mudah diperoleh.

Analisis retrosintetik: sintesis secara mundur

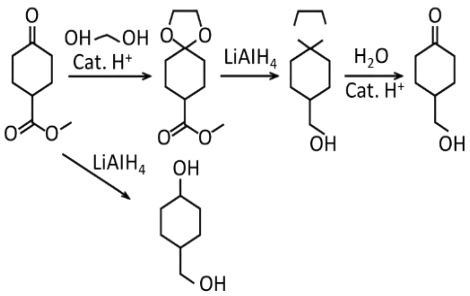
Suatu skema dengan panah retrosintetik **Z** ⟹ **X + Y** berarti "Z dapat dibuat dari X ditambah Y".

sebuah panah retrosintetik



Sumber: santoshgaonkar5/slideshare dengan modifikasi

Perlindungan Gugus Fungsi



Etilen glikol melindungi keton (sebagai asetal) selama reduksi ester, dibandingkan dengan reduksi tanpa perlindungan menjadi diol.

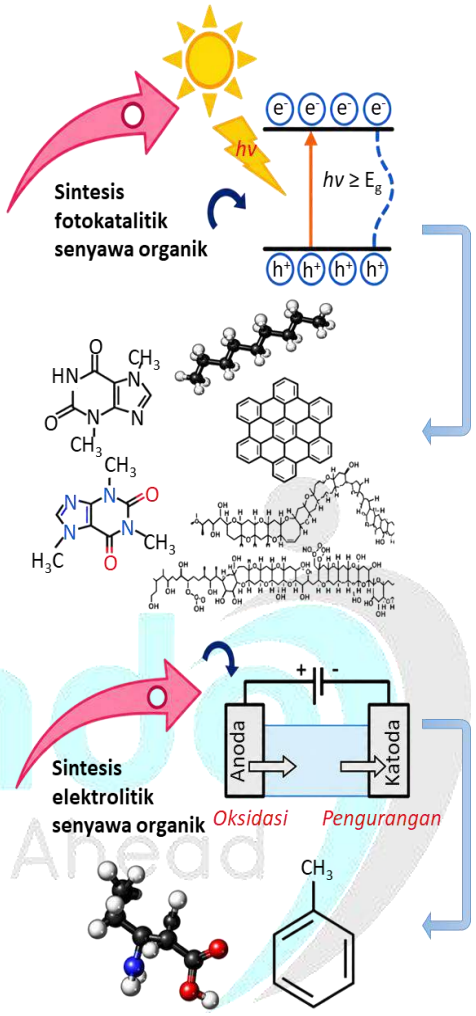
Sumber: DMacks/Wikipedia Commons (CC BY-SA 3.0)

Perlindungan gugus fungsi digunakan dalam sintesis organik kompleks untuk mencegah gugus fungsi reaktif bereaksi secara tidak diinginkan. Gugus pelindung berperan sementara membuat gugus reaktif menjadi inert, lalu dilepas kembali setelah reaksi utama selesai tanpa merusak struktur molekul. Gugus pelindung yang baik harus mudah dipasang, stabil selama reaksi, dan mudah dilepas secara selektif.

Jenis Gugus Fungsi yang Umum Diproteksi

Gugus Fungsi	Tujuan Perlindungan	Contoh *Protecting*
Alkohol (–OH)	Mencegah reaksi esterifikasi atau oksidasi	TBDMS, Acetyl, THP
Amina ($–NH_2$)	Mencegah alkilasi /asilasi tak diinginkan	Boc, Fmoc, CBz
Karboksilat (–COOH)	Mencegah reaksi esterifikasi ganda	Ester metil, Ester benzil
Aldehid/ Keton (–C=O)	Mencegah reaksi nukleofilik	Asetal, Ketal
Tiol (–SH)	Mencegah oksidasi	S-Acetil, S-Trityl

Sintesis Senyawa Organik

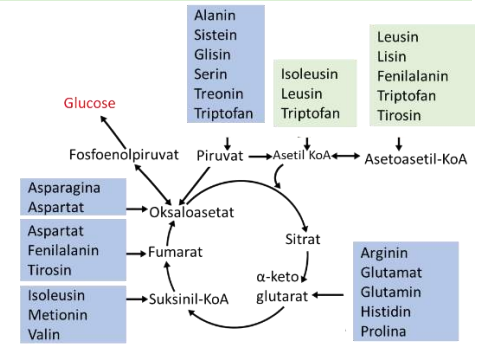


Sumber: Syed Kashif Ali., et al./ScienceDirect dengan modifikasi (2024)

Sintesis senyawa organik bertujuan membentuk produk target secara efisien melalui pemahaman gugus fungsi, stereokimia, dan tahapan reaksi. Keberhasilan sintesis dipengaruhi oleh perencanaan retrosintesis, pemilihan reagen, kondisi reaksi, pelarut, suhu, tekanan, serta katalis. Prinsip Kimia Hijau digunakan untuk mengurangi dampak lingkungan, sedangkan pemurnian dan karakterisasi produk dilakukan dengan teknik seperti distilasi, rekristalisasi, kromatografi, IR, NMR, dan MS.

5.13 BIOKIMIA ORGANIK DAN METABOLISME OBAT

Jalur Metabolisme Senyawa Organik

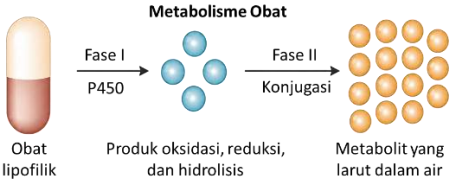


Integrasi jalur metabolisme senyawa organik dalam sel yang menunjukkan hubungan metabolisme karbohidrat, protein, dan senyawa organik lainnya melalui pembentukan Asetil-KoA dan intermediat Siklus Krebs. Jalur ini melibatkan reaksi enzimatis seperti oksidasi-reduksi, dekarboksilasi, dan transfer gugus karbon untuk menghasilkan energi serta mempertahankan kelangsungan hidup sel.

Sumber: Hostos Community College Library dengan modifikasi (2025)

Jalur metabolisme senyawa organik adalah rangkaian reaksi kimia teratur yang dikatalisis enzim untuk menjaga kelangsungan hidup sel. Semua metabolisme senyawa organik, seperti karbohidrat, lipid, dan protein, bermuara pada pembentukan Asetil-KoA. Proses ini melibatkan reaksi penting seperti oksidasi-reduksi, hidrolisis, dan pembentukan ikatan karbon-karbon.

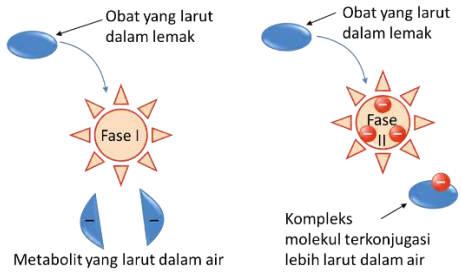
Reaksi Fase I dan Fase II



Metabolisme obat melalui fase I dan fase II untuk menghasilkan metabolit yang lebih larut air dan mudah diekskresikan.

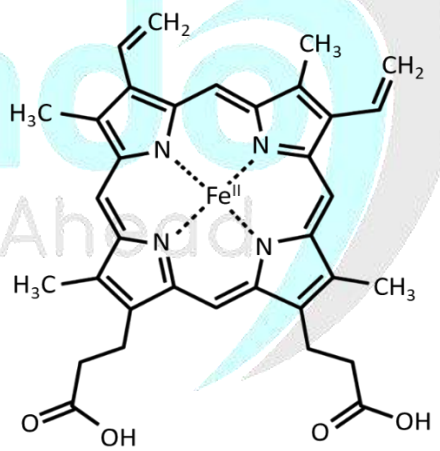
Sumber: Azeezat12/Quizlet dengan modifikasi

Metabolisme obat terdiri dari dua tahap utama, yaitu fase I dan fase II. Fase I melibatkan reaksi oksidasi, reduksi, atau hidrolisis untuk membuka gugus fungsi, sedangkan fase II melibatkan konjugasi seperti glukuronidasi, sulfatasi, atau asetilasi. Kedua fase ini meningkatkan kelarutan obat dalam air sehingga memudahkan ekskresi dari tubuh.



Sumber: Ehsan Khan/SpingerNature Link dengan modifikasi (2020)

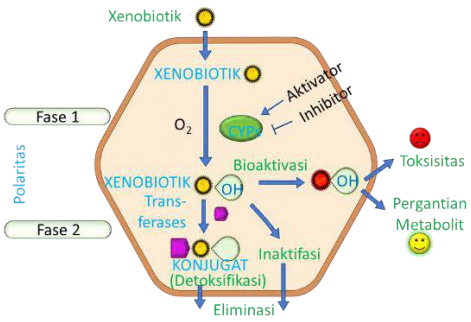
Peran Enzim Sitokrom P450



Struktur Enzim Sitokrom P450

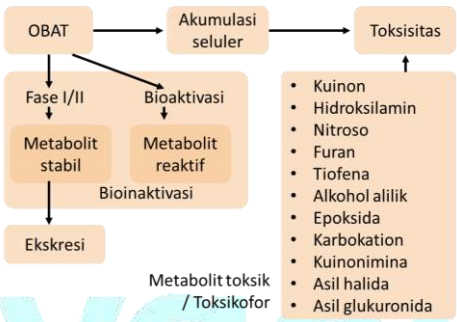
Sumber: F. Peter Guengerich., et al./Sciencedirect dengan modifikasi

Enzim Sitokrom P450 berperan utama dalam metabolisme obat fase I, terutama melalui reaksi oksidasi. Enzim ini mengubah senyawa lipofilik menjadi lebih polar sehingga lebih mudah dieliminasi tubuh. Aktivitasnya memengaruhi kecepatan eliminasi obat, risiko interaksi obat, dan perbedaan respons terapi pada setiap individu.



Sumber: Fabrizio Carta/MDPI dengan modifikasi (2023)

Metabolit Aktif dan Toksik



Bioaktivasi obat melalui metabolisme fase I dan fase II dapat menghasilkan metabolit aktif maupun metabolit reaktif yang bersifat toksik. Metabolit reaktif dapat menyebabkan kerusakan seluler, toksisitas, alergi, dan risiko karsinogenik melalui interaksi dengan DNA, protein, dan membran sel.

Sumber: Kevin Park., et al./ScienceDirect dengan modifikasi

Banyak obat dibuat dalam bentuk tidak aktif atau *pro-drug*, lalu menjadi aktif setelah dimetabolisme di tubuh. Strategi ini dapat meningkatkan penyerapan obat atau mengurangi efek samping. Contohnya, kodein dimetabolisme oleh enzim CYP2D6 menjadi morfin yang lebih kuat sebagai analgesik. Namun, metabolisme juga dapat menghasilkan metabolit toksik yang sangat reaktif, merusak DNA, protein, atau membran sel, serta memicu alergi, kerusakan fungsi sel, hingga risiko karsinogenik.

Contoh Obat dan Metabolit Aktifnya

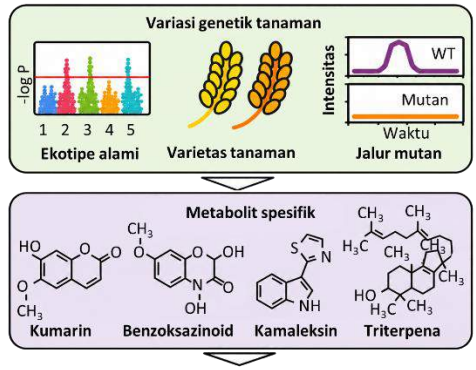
Obat *(Prodrug)*	Enzim yang terlibat
Kodein	CYP2D6
Metabolit Aktif: Morfina **Efek:** Analgesik kuat (efek nyeri)	
Clopidogrel	CYP2C19
Metabolit Aktif: Metabolit aktif thiol **Efek:** Menghambat agregasi platelet	
Enalapril	Esterase
Metabolit Aktif: Enalaprilat **Efek:** Inhibitor ACE yang aktif	
Lisdexamfetamine	Enzim plasma
Metabolit Aktif: Deksamfetamin **Efek:** Stimulan SSP (untuk ADHD)	

Contoh Obat dan Metabolit Toksiknya

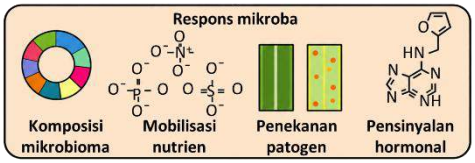
Obat *(Prodrug)*	Enzim yang terlibat
Parasetamol (asetaminofen)	**CYP2E1, CYP3A4**
Metabilik Toksik: NAPQI *(N-acetyl-p-benzoquinone imine)* **Organ Target:** Hati **Dampak Klinis:** Nekrosis hepatosit → gagal hati akut jika tidak dinetralisir oleh *Glutathione*	
Isoniazid	**CYP2E1**
Metabilik Toksik: Reaktif metabolit *(acetylhydrazine)* **Organ Target:** Hati **Dampak Klinis:** Hepatotoksisitas, hepatitis	
Benzo[a]piren (asap rokok)	**CYP1A1/1A2**
Metabilik Toksik: Epoksida reaktif **Organ Target:** DNA **Dampak Klinis:** Mutagenik, karsinogenik	
Doketaksel, Siklosporin	**CYP3A4**
Metabilik Toksik: Metabolit reaktif **Organ Target:** Hati, ginjal **Dampak Klinis:** Stres oksidatif, kerusakan sel	

5.14 SENYAWA & PRODUK ALAM

Senyawa Sekunder dari Tumbuhan dan Mikroba



Panel atas menunjukkan alat genetik untuk menghasilkan tanaman dengan profil metabolit sekunder yang diubah. Panel tengah mengilustrasikan empat metabolit sekunder yang baru-baru ini terbukti memengaruhi komposisi dan fungsi mikrobioma.



Panel bawah menunjukkan respons mikroba yang ditimbulkan oleh variasi kelimpahan metabolit sekunder.

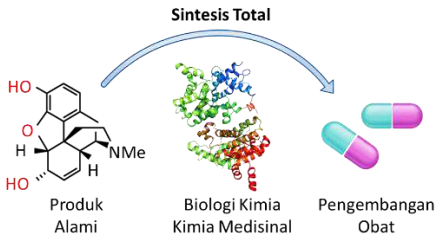
Sumber: Richard P Jacoby., et al./ResearchGate dengan modifikasi (2020)

Senyawa sekunder dari tumbuhan dan mikroba adalah metabolit yang tidak berperan langsung dalam pertumbuhan utama, tetapi penting untuk pertahanan, komunikasi, dan adaptasi. Contohnya alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan antibiotik yang banyak dimanfaatkan dalam bidang farmasi, pertanian, dan industri.

Sumber Senyawa Alam

Sumber
Tumbuhan
Contoh Senyawa: Morfin, Quinin, Artemisinin, *Paclitaxel* **Contoh Organisme:** *Papaver somniferum, Cinchona ledgeriana, Artemisia annua*
Mikroorganisme
Contoh Senyawa: Penisilin, Streptomisin, Tetrasiklin **Contoh Organisme:** *Penicillium chrysogenum, Streptomyces spp.*
Hewan
Contoh Senyawa: Peptida antimikroba, Toksin ular **Contoh Organisme:** Katak, lebah, ular kobra
Organisme Laut
Contoh Senyawa: *Trabectedin, Ziconotide* **Contoh Organisme:** Tumbuhan laut, ubur-ubur, siput laut

Biosintesis dan Ekstraksi



Biosintesis menghasilkan berbagai produk alami melalui jalur metabolik spesifik yang dikatalisis enzim, kemudian dimanfaatkan dalam kajian kimia medisinal dan pengembangan obat modern.

Sumber: Gen Li/Royal Society Of Chemistry dengan modifikasi

Biosintesis adalah proses pembentukan molekul organik kompleks dalam organisme hidup melalui enzim tertentu, seperti jalur asam shikimat, mevalonat, dan poliketida. Ekstraksi dilakukan untuk mengambil metabolit hasil biosintesis dari bahan biologis menggunakan pelarut yang sesuai. Metodenya dapat berupa maserasi, sokletasi, UAE, atau ekstraksi fluida superkritis. Keberhasilan ekstraksi sangat dipengaruhi oleh pemilihan pelarut, seperti n-heksana untuk senyawa nonpolar dan metanol atau air untuk senyawa polar.



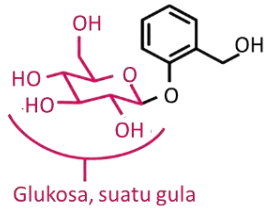
Proses ekstraksi metabolit dimulai dari bahan biologis, kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan pelarut yang sesuai untuk memperoleh senyawa metabolit hasil biosintesis, seperti senyawa bioaktif polar maupun nonpolar.

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

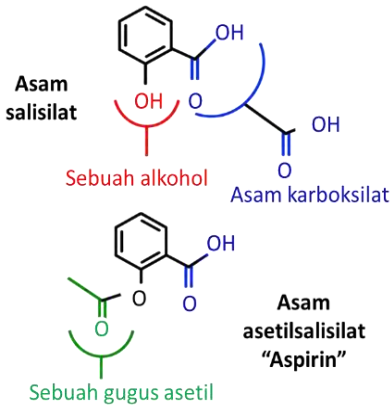
Tantangan dalam Biosintesis & Ekstraksi

Tantangan	Solusi
Ketersediaan bahan baku langka	Kultur jaringan, rekayasa genetik
Kompleksitas struktur kimia	Sintesis semi-sintetik (contoh: artemether dari artemisinin)
Rendahnya kadar senyawa aktif	Optimasi kondisi ekstraksi (pH, suhu, waktu)
Toksisitas senyawa	Modifikasi struktur untuk meningkatkan keamanan
Dampak lingkungan	Penggunaan metode ekstraksi hijau *(green extraction)*

Senyawa Alami sebagai Prekursor Obat



Salisin



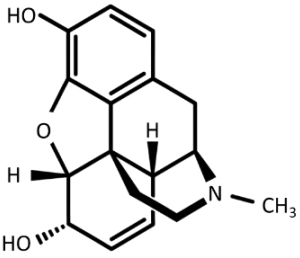
Transformasi senyawa alami salisin dari tanaman *Salix* menjadi asam salisilat dan asetil salisilat (aspirin) melalui modifikasi struktur kimia untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan sebagai obat antiinflamasi dan analgesik.

Sumber: jlsbris/WordPress dengan modifikasi

Senyawa bahan alam berperan penting dalam penemuan obat modern karena memiliki struktur dan bioaktivitas beragam. Banyak senyawa alami dimodifikasi di laboratorium untuk meningkatkan kelarutan, stabilitas, efektivitas, dan mengurangi efek samping. Contohnya, aspirin dikembangkan dari asam salisilat pada kulit pohon gandarusa *(Salix),* sedangkan artemisinin dari Artemisia annua dimodifikasi menjadi artesunat untuk terapi malaria yang lebih efektif.

(Patrick, G. L. 2017).

Contoh Produk Alam dan Obat Modern

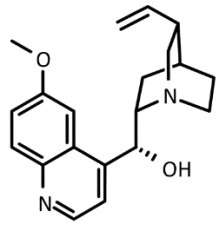


Morfin



Papaver somniferum

Sumber: NEUROtiker/Wikipedia Commons dengan mofisikasi



Kuinin



Cinchona

Sumber: Innerstream/Wikipedia Commons dengan mofisikasi

Banyak obat modern berasal dari penggunaan tumbuhan dalam pengobatan tradisional. Senyawa aktif dari produk alam sering memiliki struktur kompleks sehingga sulit disintesis di laboratorium. Contohnya, morfin dari *Papaver somniferum* digunakan sebagai analgesik kuat, sedangkan kuinin dari kulit pohon *Cinchona* menjadi dasar pengobatan malaria.

6.1 BIOMOLEKULER

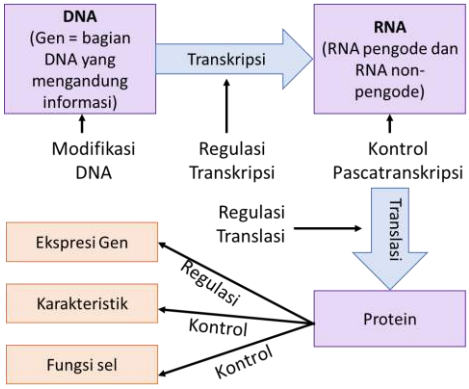
Konsep Pengobatan Klasik



Sumber: Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Pengobatan klasik adalah terapi yang berkembang sebelum era modern. Berdasarkan pengalaman empiris, gejala klinis dan bahan alami, tanaman obat mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan glikosida yang dapat berinteraksi dengan biomolekul tubuh.

⇒ Interaksi Alami dengan Biomolekul



Sumber: Sanju Tamang/Microbenotes dengan modifikasi (2023)

Bentuk Interaksi
1. Ikatan dengan protein: Menghambat atau mengaktifkan enzim/reseptor sehingga memengaruhi aktivitas biologis.
2. Interaksi dengan membran lipid: Memengaruhi fluiditas membran dan transport zat seluler.
3. Pengaruh terhadap asam nuklea: Memengaruhi ekspresi gen dan sintesis protein melalui interaksi dengan DNA/RNA.
4. Peran sebagai antioksidan: Menetralkan radikal bebas dan melindungi biomolekul dari kerusakan oksidatif.

⇒ Relevansi dalam Pengembangan Obat Modern



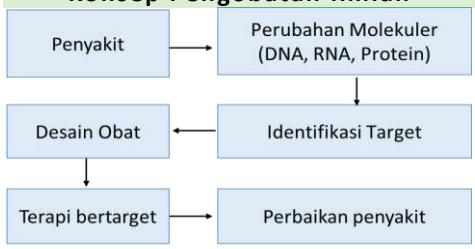
Tahapan *drug discovery* berbasis produk alami meliputi seleksi bahan alam, isolasi senyawa aktif, karakterisasi, skrining biologis, dan pengembangan analog obat modern.

Sumber: Asim Najmi/MDPI dengan modifikasi (2022)

Pengobatan klasik tetap relevan karena banyak obat modern berasal dari senyawa alami. Pendekatan ini mendasari penemuan obat berbasis produk alami melalui identifikasi target terapi dan mekanisme kerja senyawa aktif.

(Alberts., et al, 2022)

Konsep Pengobatan Ilmiah

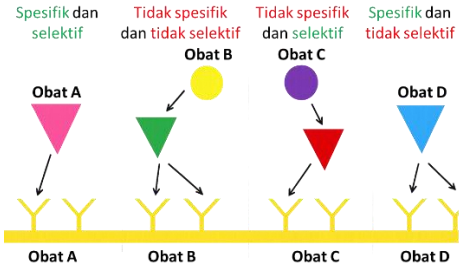


Perubahan molekuler pada DNA, RNA, dan protein menjadi pengembangan terapi dalam pengobatan modern.

Sumber: Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Pengobatan ilmiah didasarkan pada pemahaman bahwa penyakit memiliki dasar molekuler yang dapat diidentifikasi dan dimodulasi. Dengan memahami mekanisme, terapi dapat dirancang untuk menargetkan biomolekul spesifik yang berperan dalam proses penyakit.

⇒ Prinsip Spesifisitas dan Selektivitas

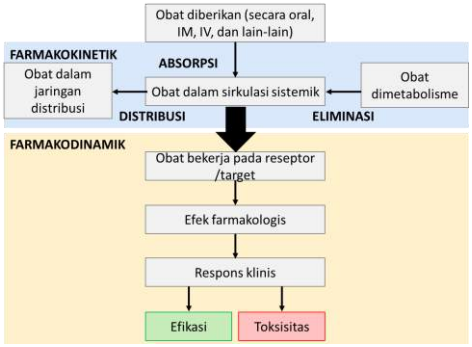


Selective targeting memungkinkan obat bekerja lebih spesifik pada target biomolekul sehingga meningkatkan efektivitas dan mengurangi efek samping. Sains farmasi akhirnya belajar bahwa menyerang semua target sekaligus ternyata bukan ide cemerlang.

Sumber: DrugsPlus/Youtube dengan modifikasi (2020)

Pengobatan ilmiah menekankan obat yang bekerja spesifik pada target biomolekul tertentu. Prinsip *selective targeting* bertujuan meningkatkan efektivitas terapi, mengurangi efek samping, dan memperbaiki keamanan obat.

⇒ Farmakokinetika & Farmakodinamika Berbasis Biomolekul

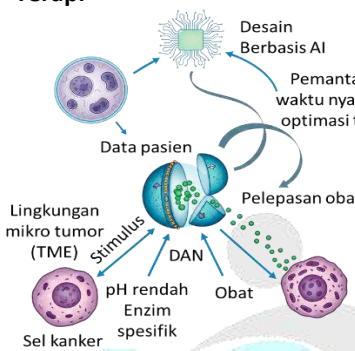


Sumber: PsychDB dengan modifikasi (2024)

Dalam pengobatan ilmiah, farmakokinetika membahas proses ADME: absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat. Sementara itu, farmakodinamika menjelaskan hubungan konsentrasi obat dengan efek biologisnya pada target biomolekul. Pemahaman ini membantu menentukan dosis optimal dan mendukung personalisasi terapi.

(Berg., et al, 2019)

⇒ Perkembangan Biomolekuler dalam Terapi



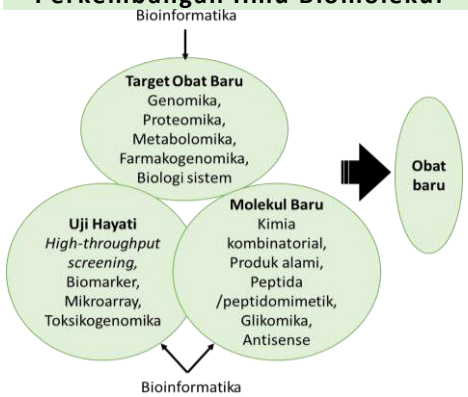
Sistem ini menggunakan data spesifik pasien untuk merancang nanokarier responsif terhadap berbagai rangsangan, yang kemudian dipantau secara real-time untuk mengoptimalkan pengobatan.

Sumber: Yaqin Hou., et al,/ MDPI dengan modifikasi (2025)

Teknologi biomolekuler adalah memperkuat pengobatan ilmiah melalui bioteknologi, genomik, proteomik, bioinformatika, dan terapi presisi. Pendekatan ini memungkinkan terapi lebih personal dan efektif, terutama pada penyakit kompleks seperti kanker dan penyakit genetik.

(Rodwell et al., 2022)

Perkembangan Ilmu Biomolekul



Sumber: M. Paola Castaldi., et al/Science Direct dengan modifikasi

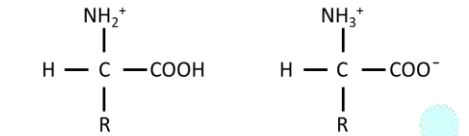
Ilmu biomolekul mempelajari struktur, fungsi, interaksi, dan dinamika molekul penyusun kehidupan. Perkembangannya didukung kemajuan kimia, biologi, dan teknologi analitik seperti spektroskopi, kristalografi sinar-X, sekuensing genom, proteomik, metabolomik, dan bioinformatika. Dalam farmasi, ilmu biomolekul berperan penting dalam penemuan dan pengembangan obat.

(Nelson & Cox, 2021)

6.2 MAKROMOLEKUL PROTEIN

Struktur Protein

⇒ **Struktur Protein**

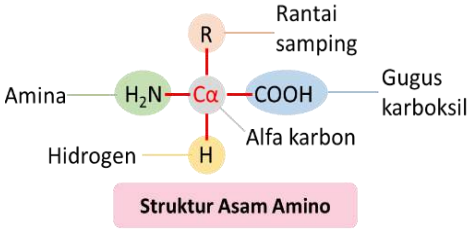


Asam amino bentuk tak terisolasi | Asam amino bentuk ion dipolar (zwitterion)

Sumber: biologi sel dan molekuler (2022)

Protein merupakan biomolekul makro yang tersusun dari rantai asam amino melalui ikatan peptida. Asam amino memiliki gugus amino, karboksil, hidrogen, dan gugus samping yang menentukan karakteristiknya. Protein dapat terdiri atas satu atau beberapa rantai polipeptida yang membentuk struktur kompleks.

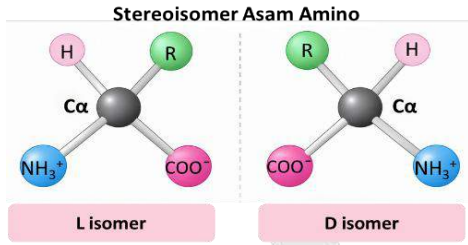
Komponen Penyusun Protein: Asam Amino



Sumber: DeepAnrAj901320/Slideshare dengan modifikasi

Asam amino adalah penyusun protein yang memiliki gugus karboksil, amina, hidrogen, dan rantai samping. Perbedaan rantai samping menentukan sifat dan fungsinya. Selain membentuk protein, asam amino berperan dalam sintesis vitamin, hormon, asam nukleat, dan membantu reaksi enzimatik sebagai kofaktor.

⇒ **Tata Nama dan Stereoisomer Asam Amino**

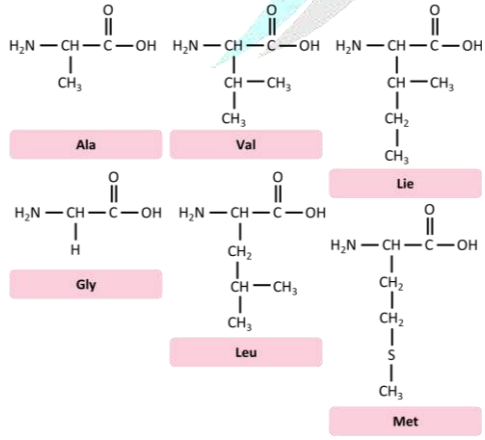


Sumber: Johan/Chemistry Stack Exchange dengan modifikasi

Tata nama dan stereoisomer asam amino ditentukan oleh posisi gugus $NH_3{}^+$. Posisi kanan menunjukkan konfigurasi D, sedangkan kiri menunjukkan konfigurasi L. Sebagian besar asam amino tubuh berkonfigurasi L, namun beberapa asam amino D, seperti D-alanin dan D-glutamat, ditemukan pada dinding sel bakteri.

⇒ **Klasifikasi Asam Amino**

Asam amino non polar

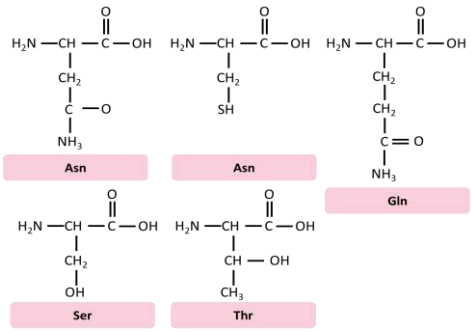


Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Asam amino nonpolar memiliki rantai samping hidrofobik sehingga sulit berinteraksi dengan air. Karena itu, asam

amino ini umumnya berada di bagian dalam struktur protein. Rantai sampingnya dapat berupa atom hidrogen, gugus metil, rantai alkil, atau cincin aromatik.

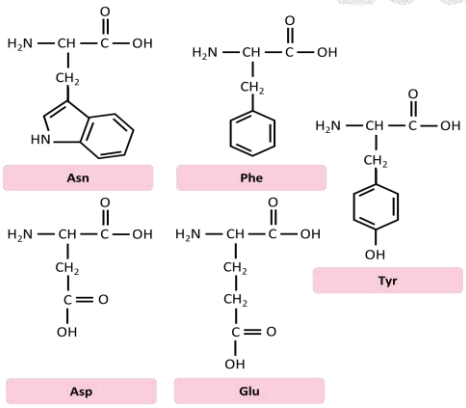
Asam Amino Polar



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Asam amino polar memiliki rantai samping yang dapat berinteraksi dengan air sehingga bersifat hidrofilik dan umumnya berada di bagian luar protein. Rantai sampingnya mengandung gugus dengan atom oksigen, sulfur, atau nitrogen yang dapat membentuk ikatan hidrogen.

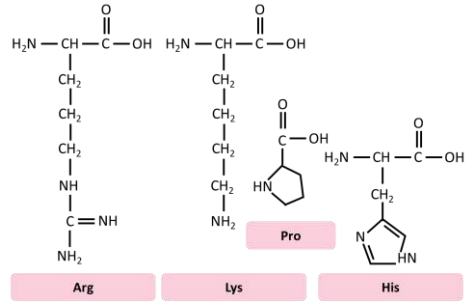
Asam Amino bersifat asam



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Asam amino bersifat asam memiliki gugus -COOH yang dapat melepaskan H^+. Contohnya adalah asam aspartat (Asp) dan asam glutamat (Glu). Pada pH netral, asam amino berbentuk zwitterion dengan muatan positif dan negatif. Fenilalanin, tirosin, dan triptofan termasuk asam amino aromatik, bukan asam amino asam.

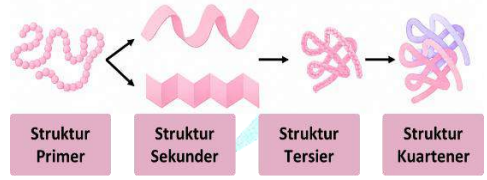
Asam Amino Bersifat Basa



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Asam amino basa dapat menerima H^+ sehingga bermuatan positif. Contohnya lisin, arginin, dan histidin. Asam amino ini berperan dalam interaksi ionik dan menjaga kestabilan protein. Prolin termasuk asam amino nonpolar/siklik, bukan basa.

Struktur Primer, Sekunder, Tersier, dan Kuartener



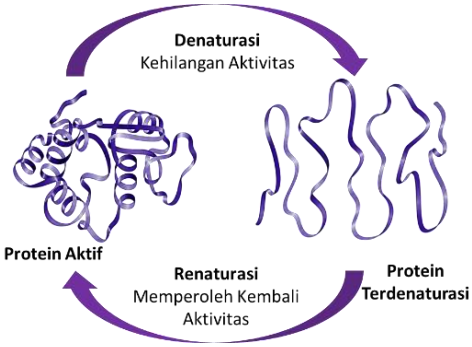
Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Struktur protein terdiri atas empat tingkat:

- Primer: urutan asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida.
- Sekunder: pelipatan lokal membentuk α-heliks dan β-sheet melalui ikatan hidrogen.
- Tersier: struktur tiga dimensi yang distabilkan oleh berbagai interaksi antargugus samping.
- Kuartener: gabungan dua atau lebih rantai polipeptida yang bekerja bersama membentuk protein fungsional.

Denaturasi dan Renaturasi Protein

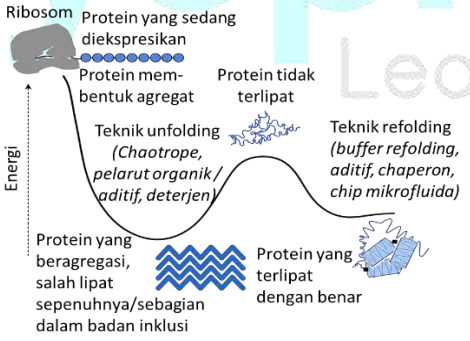
⇒ Denaturasi Protein



Sumber: Crazy food Science dengan modifikasi

Denaturasi protein adalah perubahan bentuk 3D protein tanpa memutus ikatan peptida. Proses ini dipicu oleh suhu ekstrem, perubahan pH, tekanan, atau zat kimia, sehingga struktur dan fungsi protein terganggu. Denaturasi bisa bersifat reversibel, tetapi paparan berat biasanya menyebabkan perubahan permanen.

⇒ Renaturasi Protein



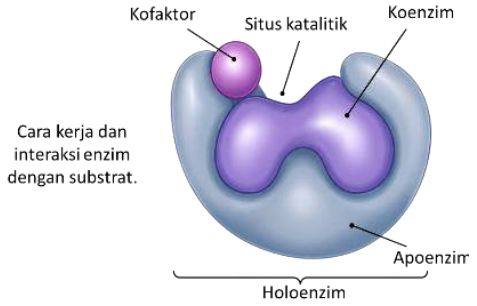
Protein dapat menggumpal menjadi badan inklusi akibat pelipatan yang tidak sempurna. Melalui denaturasi dan renaturasi, protein dapat diarahkan kembali ke struktur alaminya yang fungsional.

Sumber: Natalie C Kegulian/Bite size bio dengan modifikasi (2022)

Renaturasi protein adalah kembalinya protein terdenaturasi ke bentuk 3D yang stabil dan berfungsi setelah penyebab denaturasi dihilangkan. Proses ini menunjukkan bahwa struktur protein ditentukan oleh urutan asam amino, tetapi tidak selalu berhasil karena protein dapat salah melipat atau mengalami agregasi.

6.3 ENZIM

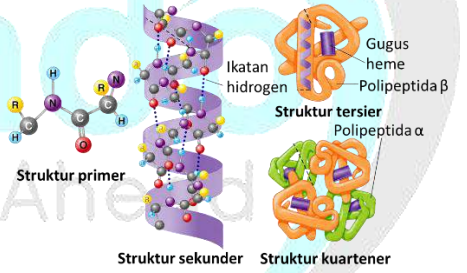
Struktur Enzim



Sumber: Unairnews dengan modifikasi (2024)

Enzim adalah katalis biologis yang mempercepat reaksi kimia tanpa berubah permanen. Sebagian besar enzim berupa protein globular dengan struktur 3D spesifik yang menentukan aktivitas dan interaksinya dengan substrat.

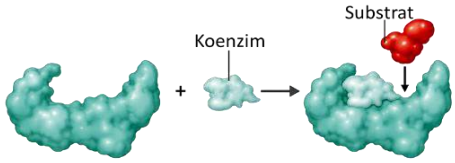
⇒ Tingkatan Struktur Enzim



Sumber: Wordpress dengan modifikasi

Tingkatan Struktur Enzim
1. Struktur Primer: Urutan linear asam amino yang dihubungkan ikatan peptida dan menentukan sifat dasar enzim. Perubahan urutan dapat memengaruhi konformasi dan aktivitas enzim.
2. Struktur Sekunder: Terbentuk dari ikatan hidrogen pada rantai polipeptida, umumnya berupa alfa heliks dan beta sheet. Struktur ini memberi kestabilan awal enzim.
3. Struktur Tersier: Lipatan tiga dimensi rantai polipeptida yang dibentuk oleh berbagai interaksi. Pada tingkat ini terbentuk situs aktif enzim untuk mengikat substrat dan menjalankan katalisis.
4. Struktur Kuartener: Tersusun dari lebih dari satu subunit protein. Interaksi antar subunit membantu regulasi aktivitas, stabilitas struktur, dan sifat kooperatif enzim.

⇒ Komponen Penyusun Enzim



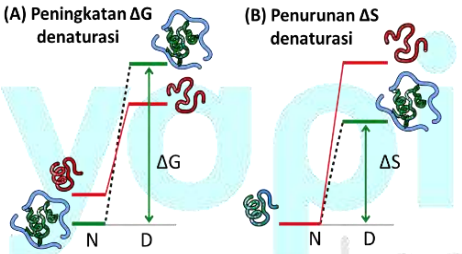
Apoenzim (bagian protein), tidak aktif | **Kofaktor** (bagian nonprotein), aktivator | **Holoenzim** (enzim lengkap), aktif

Sumber: Josecolorado dengan modifikasi

Selain apoenzim, beberapa enzim memerlukan komponen tambahan untuk bekerja optimal, yaitu kofaktor, koenzim, dan gugus prostetik. Gabungan apoenzim dengan kofaktor disebut holoenzim, yaitu bentuk aktif enzim.

⇒ Denaturasi & Stabilitas Struktur Enzim

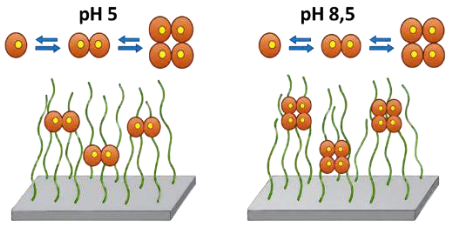
Denaturasi



(A) Enzim dapat distabilkan dengan meningkatkan energi bebas keadaan terdenaturasi (D) dibandingkan dengan keadaan asli (N). (B) Peningkatan energi bebas D dapat dicapai dengan menurunkan entropi konformasinya setelah dibungkus dengan polimer sintetis.

Sumber: Caterina M., et al,/Sciencedirect dengan modifikasi

Stabilitas



Enzim terutama diimobilisasi sebagai dimer | **Enzim terutama diimobilisasi sebagai tetramer**

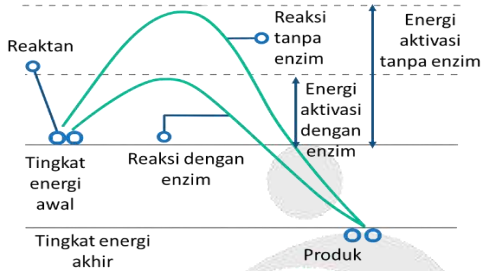
Struktur oligomerik amilase bergantung pada pH, sehingga, tergantung pada pH imobilisasi, bentuk terimobilisasi utama akan berupa dimer atau tetramer.

Sumber: Rafael C., et al/Sciencedirect dengan modifikasi (2021)

Struktur enzim dapat berubah akibat faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan zat kimia. Perubahan ini disebut denaturasi, yang dapat merusak struktur tersier atau kuartener sehingga aktivitas enzim menurun atau hilang. Namun, beberapa enzim memiliki stabilitas tinggi terhadap kondisi ekstrem dan dapat dimanfaatkan dalam industri serta bioteknologi.

Sifat-Sifat Enzim

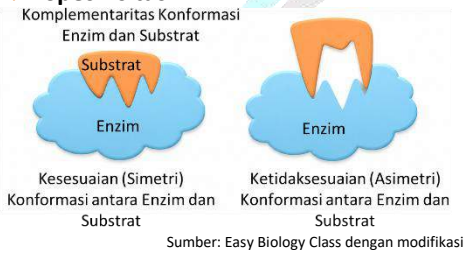
⇒ Enzim sebagai Biokatalisator



Sumber: N. Puspita/Robo guru by Ruang guru dengan modifikasi

Enzim berfungsi sebagai katalis biologis yang mempercepat reaksi kimia tanpa ikut habis. Enzim bekerja dengan menurunkan energi aktivasi, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat tanpa mengubah hasil akhir maupun keseimbangan reaksi.

⇒ Spesifisitas Enzim

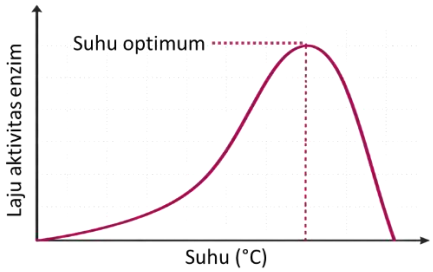


Sumber: Easy Biology Class dengan modifikasi

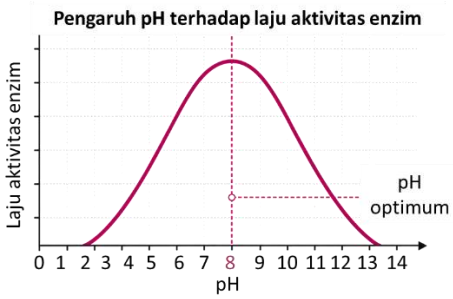
Enzim memiliki spesifisitas tinggi terhadap substrat karena hanya bekerja pada substrat yang sesuai dengan bentuk situs aktifnya. Spesifisitas enzim dapat berupa spesifisitas absolut, kompleks, dan ikatan kimia. Sifat ini membuat kerja enzim menjadi selektif dan efisien dalam proses metabolisme.

⇒ Dipengaruhi oleh Suhu dan pH

Pengaruh suhu terhadap laju aktivitas enzim



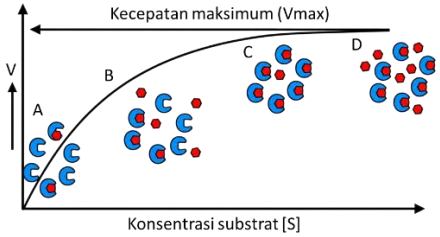
Pengaruh pH terhadap laju aktivitas enzim



Sumber: Megan Chu/Research Gate dengan modifikasi (2022)

Aktivitas enzim dipengaruhi oleh suhu dan pH. Setiap enzim memiliki suhu dan pH optimum untuk bekerja maksimal. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi, sedangkan pH yang terlalu asam atau basa dapat merusak struktur enzim dan menurunkan aktivitasnya.

⇒ Aktivitas Enzim Dipengaruhi Konsentrasi Substrat



A: Konsentrasi substrat rendah → sedikit enzim aktif
B: Km (50% Vmax) → 50% enzim berikatan dengan substrat
C: Enzim hampir seluruhnya terikat substrat
D: Enzim jenuh → penambahan substrat tidak meningkatkan laju reaksi (Vmax tercapai)

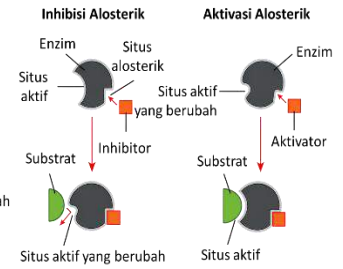
Sumber: Textbook of Biochemistry for Medical Students

Kecepatan reaksi enzim dipengaruhi oleh konsentrasi substrat. Semakin tinggi konsentrasi substrat, laju reaksi meningkat hingga mencapai titik jenuh atau saturasi. Pada kondisi ini, semua situs aktif enzim telah terikat substrat, sehingga penambahan substrat tidak lagi meningkatkan kecepatan reaksi.

⇒ Dipengaruhi oleh Inhibitor Aktivator

Inhibitor alosterik: Mengubah bentuk enzim sehingga substrat sulit berikatan dan aktivitas enzim menurun.

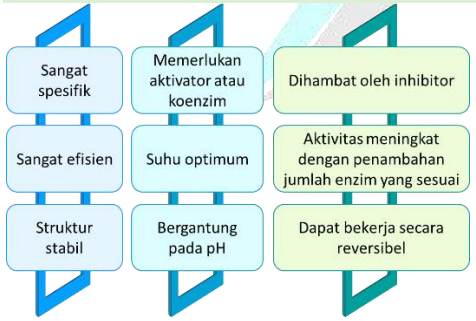
Aktivator alosterik: Mengubah bentuk enzim sehingga substrat lebih mudah berikatan dan aktivitas enzim meningkat.



Sumber: Lakna/Pediaa dengan modifikasi (2019)

Aktivitas enzim dapat dipengaruhi oleh inhibitor dan aktivator. Inhibitor adalah zat yang menghambat kerja enzim, sedangkan aktivator adalah zat yang meningkatkan aktivitas enzim. Inhibitor dapat bersifat kompetitif maupun nonkompetitif, dan keduanya memengaruhi mekanisme kerja enzim dengan cara yang berbeda.

Karakteristik Enzim



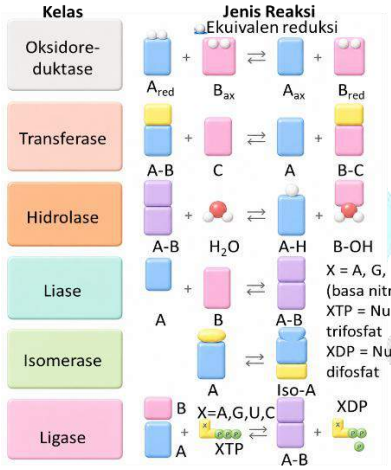
Sumber: Creative Enzymes dengan modifikasi

Karakteristik Enzim
1. Katalis biologis: Mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi.
2. Spesifik: Bekerja pada substrat dan reaksi tertentu.
3. Tidak habis bereaksi: Dapat digunakan berulang kali.
4. Efisiensi tinggi: Mengkatalisis reaksi dengan cepat.

5. Dipengaruhi lingkungan: Aktivitas dipengaruhi suhu, pH, substrat, inhibitor, dan aktivator.
6. Memiliki kinetika: Km menunjukkan afinitas, Vmax menunjukkan kecepatan maksimum.
7. Membutuhkan kofaktor: Beberapa enzim perlu kofaktor atau koenzim.
8. Sensitif denaturasi: Struktur dapat rusak akibat suhu tinggi, pH ekstrem, atau bahan kimia.
9. Bermolekul kompleks: Umumnya berupa protein besar dengan situs aktif dan bagian regulasi.

Penggolongan Enzim

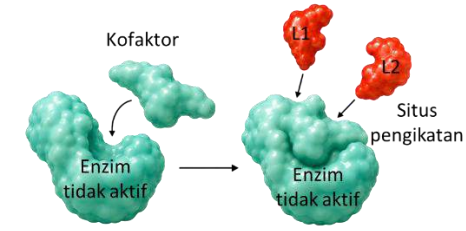
⇒ Penggolongan Enzim Berdasarkan Jenis Reaksi



Sumber: King of the Curve dengan modifikasi

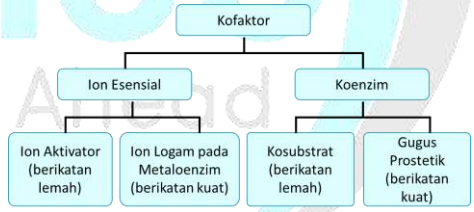
Jenis Enzim
1. Oksidoreduktase: Berperan dalam reaksi oksidasi-reduksi dengan transfer elektron atau hidrogen. Contohnya dehidrogenase dan oksidase.
2. Transferase: Mengkatalisis pemindahan gugus fungsional, seperti metil, amino/ fosfat, dari satu molekul ke molekul lain.
3. Hidrolase: Memutus ikatan kimia melalui penambahan air atau hidrolisis. Contohnya protease, lipase, dan amilase.
4. Liase: Memutus atau membentuk ikatan tanpa hidrolisis atau oksidasi, sering menghasilkan ikatan rangkap.
5. Isomerase: Mengubah molekul menjadi isomernya, yaitu molekul dengan rumus kimia sama tetapi susunan atom berbeda.
6. *Ligase/Synthetase:* Membentuk ikatan kimia antara dua molekul dengan menggunakan energi, biasanya dari ATP.

⇒ Penggolongan Enzim Berdasarkan Kebutuhan Kofaktor



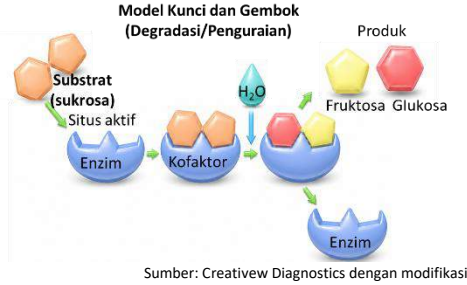
Sumber: Geeks for Geeks dengan modifikasi (2026)

Berdasarkan kebutuhan kofaktor, enzim dibagi menjadi dua, yaitu enzim yang tidak memerlukan kofaktor dan enzim yang memerlukan kofaktor. Kofaktor dapat berupa ion logam atau koenzim yang membantu meningkatkan aktivitas, efisiensi, dan spesifisitas reaksi enzimatik. (IUBMB, 2021)



Sumber: Trmbljune/Quizlet dengan modifikasi

Enzim Protease

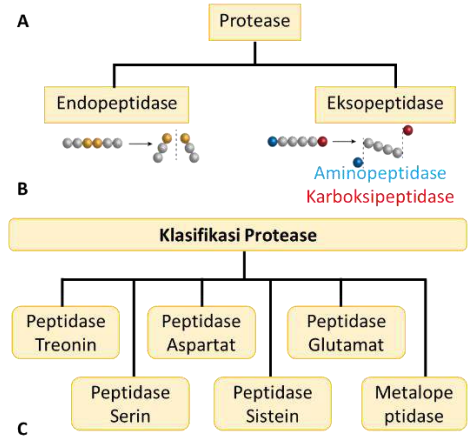


Sumber: Creativew Diagnostics dengan modifikasi

Protease adalah enzim yang menghidrolisis ikatan peptida pada protein dengan bantuan air. Enzim ini berperan dalam pencernaan protein menjadi asam

amino, aktivasi atau inaktivasi protein, regenerasi dan degradasi sel, serta pertahanan tubuh terhadap patogen.

Klasifikasi Enzim Protease



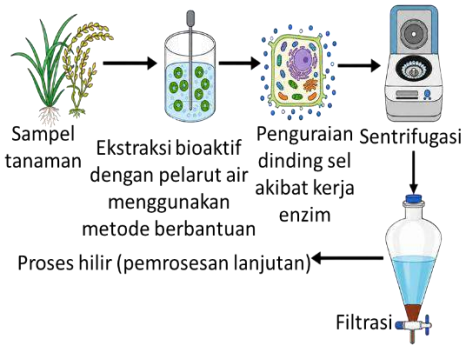
Klasifikasi enzim proteolitik. (A) Protease dapat diklasifikasikan berdasarkan tempat pemecahan substrat. (B) Berdasarkan situs aktif yang bertanggung jawab untuk pemecahan ikatan peptida yang dapat diputus. (C) Tampilan situs aktif dari tiga protease.

Sumber: Juan Sebastián/Research Gate dengan modifikasi (2022)

Klasifikasi Protease
1. Protease Serin: Mengandung residu serin pada situs aktif untuk memutus ikatan peptida.
2. Protease Sistein: Menggunakan gugus sulfhidril dari sistein.
3. Protease Aspartat: Memanfaatkan residu asam aspartat dan umumnya bekerja pada pH asam. Contohnya pepsin.
4. Metalloprotease: Memerlukan ion logam, seperti Zn^{2+}, sebagai kofaktor. Contohnya kolagenase. a. Endopeptidase: Memotong ikatan di bagian tengah rantai polipeptida. b. Eksopeptidase: Memotong asam amino dari ujung rantai polipeptida.

Isolasi Enzim dan Pemurnian Enzim

⇒ Ekstraksi Enzim



Metode ekstraksi berbantuan enzim menggunakan enzim untuk menguraikan dinding sel tanaman sehingga senyawa bioaktif lebih mudah diekstraksi. Ekstrak kemudian dipisahkan melalui sentrifugasi dan filtrasi sebelum diproses lebih lanjut.

Sumber: Sadhana B. Maled., et al/Springer Nature Link dengan modifikasi (2024)

Ekstraksi enzim adalah tahap awal isolasi enzim untuk melepaskan enzim dari sel atau jaringan. Proses ini dilakukan dengan homogenisasi atau lisis sel menggunakan *buffer* yang sesuai agar pH dan stabilitas enzim tetap terjaga. Selanjutnya, campuran disentrifugasi untuk memisahkan supernatan yang mengandung enzim dari sisa sel.

⇒ Fraksinasi dan Presipitasi



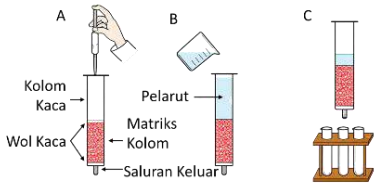
Ilustrasi menunjukkan proses pengendapan protein *(salting out)* menggunakan amonium sulfat dalam tabung reaksi.

Sumber: Zhang et al., dengan modifikasi (2021)

Fraksinasi adalah pemisahan protein berdasarkan kelarutan. Metode yang umum digunakan ialah presipitasi amonium sulfat, yaitu penambahan garam bertahap hingga protein mengendap sesuai kelarutannya. Metode ini sederhana dan efektif untuk meningkatkan konsentrasi enzim.

(UNESA Journal of Chemistry, 2021).

⇒ Pemurnian dengan Kromatografi

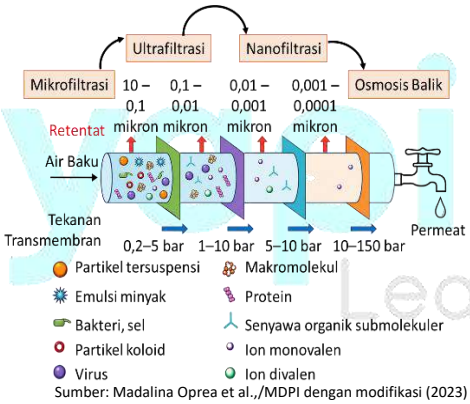


Ilustrasi tahapan kromatografi kolom: memasukkan sampel, menambahkan fase gerak, dan mengumpulkan fraksi hasil pemisahan.

Sumber: Digital Library dengan modifikasi

Kromatografi merupakan metode utama pemurnian enzim yang memisahkan komponen berdasarkan ukuran, muatan, dan afinitas. Jenis kromatografi yang umum digunakan meliputi pertukaran ion, gel filtrasi, dan afinitas.

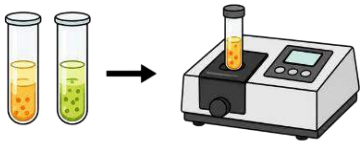
⇒ Dialisis dan Ultrafiltrasi



Sumber: Madalina Oprea et al.,/MDPI dengan modifikasi (2023)

Dialisis menghilangkan molekul kecil, seperti garam, melalui membran semipermeabel. Kemudian Ultrafiltrasi mengonsentrasikan enzim & memisahkan molekul berdasarkan ukuran. Kedua metode meningkatkan kemurnian dan stabilitas enzim sebelum analisis lanjutan.

⇒ Uji Aktivitas dan Karakterisasi Enzim



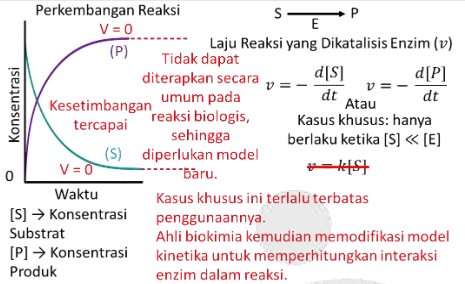
Aktivitas enzim diukur menggunakan spektrofotometer berdasarkan perubahan nilai absorbansi.

Sumber: Zhang et al., dengan modifikasi (2021)

Uji aktivitas enzim dilakukan untuk memastikan enzim hasil pemurnian masih aktif dan memiliki fungsi katalitik. Metode yang digunakan meliputi spektrofotometri, uji kinetika enzim, serta penentuan pH dan suhu optimum.

6.4 BIOKATALIS ENZIM

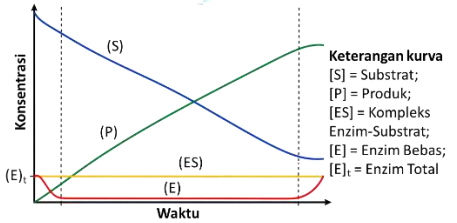
Kinetika Enzim



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Kinetika enzim mempelajari laju reaksi yang dikatalisis enzim serta faktor yang memengaruhinya, seperti interaksi enzim-substrat, efisiensi katalitik, dan pengaruh lingkungan. Dalam farmasi, kinetika enzim penting untuk memahami metabolisme obat, interaksi obat-enzim, dan pengembangan inhibitor sebagai terapi.

Kinetika reaksi enzimatik bukan hanya reaksi order ke-1



Grafik menunjukkan perubahan konsentrasi substrat, produk, enzim bebas, dan kompleks enzim-substrat selama berlangsungnya reaksi enzimatik sesuai model Michaelis-Menten.

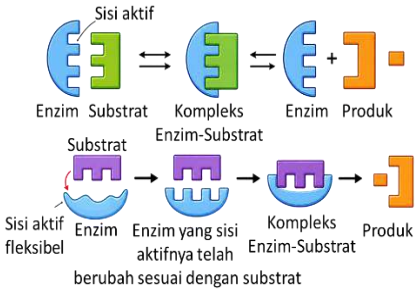
Sumber: Mr. ANRA/Youtube dengan modifikasi (2021)

Kinetika enzim melibatkan pembentukan kompleks enzim-substrat (ES) dari enzim (E) dan substrat (S). Kompleks ES kemudian menghasilkan produk atau kembali menjadi E dan S. Pada

kondisi steady state, konsentrasi ES dianggap tetap selama reaksi berlangsung.

(Zhang, J., Li, X., & Chen, Y. 2021)

⇒ Mekanisme Dasar Reaksi Enzimatik



Ilustrasi mekanisme kerja enzim berdasarkan model kunci-gembok (atas) dan model kecocokan terinduksi (bawah).

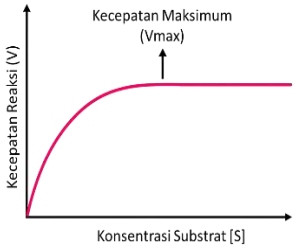
Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Reaksi enzimatik dimulai saat enzim mengikat substrat membentuk kompleks enzim-substrat (ES), lalu menghasilkan produk:

$$E + S \rightleftharpoons ES \rightarrow E + P$$

Pembentukan ES bersifat reversibel, sedangkan pembentukan produk umumnya irreversibel. Enzim bekerja dengan menyediakan lingkungan reaksi spesifik, menurunkan energi aktivasi, dan mempercepat pembentukan produk.

⇒ Laju Reaksi Enzim



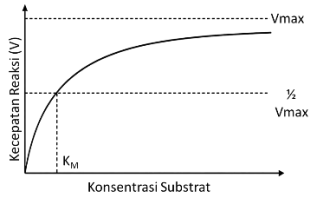
Grafik Michaelis-Menten menunjukkan bahwa laju reaksi enzim meningkat seiring bertambahnya konsentrasi substrat hingga mencapai kecepatan maksimum (Vmax). Setelah semua situs aktif enzim jenuh, penambahan substrat tidak lagi meningkatkan laju reaksi.

Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Laju reaksi enzim (v) adalah jumlah produk yang terbentuk per satuan waktu. Pada fase awal, konsentrasi produk masih kecil sehingga reaksi balik dapat diabaikan. Karakteristik laju reaksi:

- [S] rendah → orde pertama
- [S] tinggi → orde nol
- Kondisi tertentu → jenuh

⇒ Model Kinetika Michaelis–Menten



Kurva Michaelis-Menten menunjukkan bahwa laju reaksi meningkat seiring kenaikan konsentrasi substrat hingga mencapai kecepatan maksimum (Vmax), sedangkan nilai Km mencerminkan afinitas enzim terhadap substrat.

Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Model Kinetika Michaelis–Menten menjelaskan hubungan antara laju reaksi enzim dan konsentrasi substrat:

$$v = \frac{V_{max}[S]}{K_m + [S]}$$

Makna parameter:

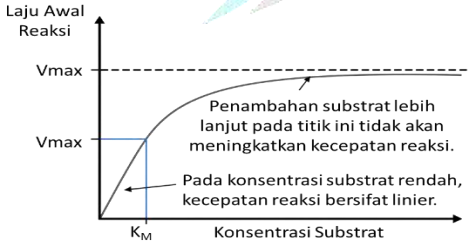
- Vmax: kecepatan maksimum
- Km: konsentrasi substrat saat v = ½ Vmax
- [S]: konsentrasi substrat

Interpretasi:

- Km kecil → afinitas tinggi
- Km besar → afinitas rendah

Model ini didasarkan pada asumsi steady-state, yaitu konsentrasi kompleks ES relatif konstan selama reaksi berlangsung.

⇒ Kurva Kinetika Enzim



Grafik yang menunjukkan hubungan antara laju reaksi dan jumlah substrat.

Sumber: Maria Victoria Gonzaga/Biology Online dengan modifikasi (2023)

Kurva Michaelis-Menten berbentuk hiperbolik.

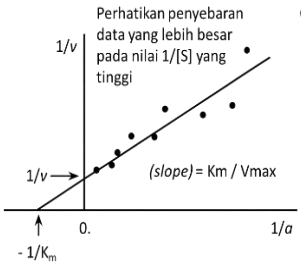
Ciri utama:

- Awal: meningkat tajam
- Tengah: melambat
- Akhir: mendatar (Vmax)

Makna biologis:

- Semua enzim jenuh
- Tidak ada peningkatan laju walau substrat ditambah

⇒ **Transformasi Lineweaver–Burk**



Grafik Lineweaver-Burk merupakan transformasi linear persamaan Michaelis-Menten yang digunakan untuk menentukan nilai Km, Vmax, dan mengevaluasi karakteristik kinetika serta inhibisi enzim secara lebih akurat.

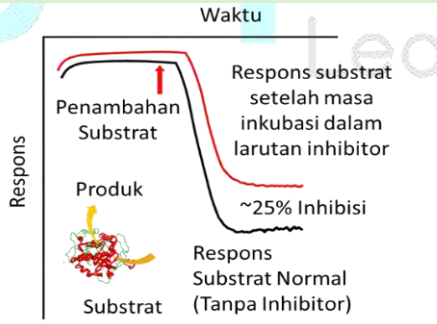
Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Untuk analisis lebih akurat, persamaan Michaelis-Menten dapat diubah menjadi bentuk linear:

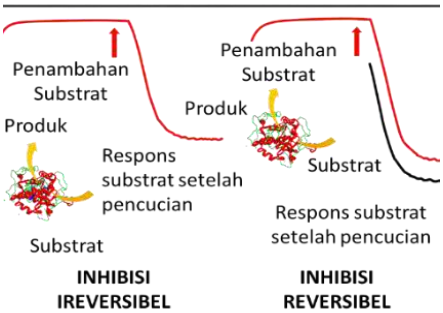
$$1/v = (Km/Vmax)(1/[S]) + 1/Vmax$$

Kegunaan: Menentukan Km dan Vmax, Membandingkan enzim, Analisis inhibisi.

Inhibisi Enzim



Inhibisi ireversibel dan reversibel menggunakan biosensor berbasis enzim.



Sumber: Sevinc Kurbanoglu/Science Direct dengan modifikasi

Inhibisi enzim adalah penurunan aktivitas enzim akibat adanya inhibitor yang mengikat sisi aktif atau bagian lain enzim. Inhibisi dibagi menjadi reversibel (dapat lepas kembali) dan irreversibel (berikatan permanen).

⇒ **Klasifikasi Inhibisi Enzim**

Inhibisi Reversibel

1. **Inhibisi Kompetitif**
   Bersaing dengan substrat pada sisi aktif enzim. Efeknya dapat diatasi dengan meningkatkan konsentrasi substrat, menyebabkan Km meningkat dan Vmax tetap.

$$v = \frac{V_{max}[S]}{K_m(1 + \frac{[I]}{K_i}) + [S]}$$

2. **Inhibisi Nonkompetitif**
   Inhibitor nonkompetitif berikatan pada situs alosterik, bukan sisi aktif enzim. Inhibisi ini menyebabkan Vmax menurun dan Km tetap.

$$v = \frac{V_{max}/(1 + \frac{[I]}{K_i}) \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

3. **Inhibisi Unkompetitif**
   nhibitor unkompetitif berikatan dengan kompleks enzim-substrat (ES), sehingga Km dan Vmax menurun. Inhibisi ini umumnya terjadi pada sistem enzim multikompleks.

$$v = \frac{V_{max}[S]}{K_m + [S](1 + \frac{[I]}{K_i})}$$

Inhibisi Irreversibel

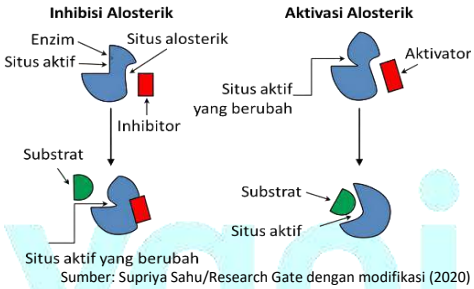
Inhibitor irreversibel berikatan kuat atau kovalen dengan enzim sehingga menyebabkan inaktivasi permanen dan menurunkan jumlah enzim aktif.

Contohnya penisilin, aspirin, dan organofosfat.

⇒ **Perbandingan Jenis Inhibisi**

Lokasi Ikatan	Km	Vmax	Diatasi substrat
Kompetitif			
Sisi aktif	↑	Tetap	Ya
Nonkompetitif			
Alosterik	Tetap	↓	Tidak
Unkompetitif			
Kompleks ES	↓	↓	Tidak
Irreversibel			
Permanen	–	↓	Tidak

Enzim Alosterik



Sumber: Supriya Sahu/Research Gate dengan modifikasi (2020)

Enzim alosterik adalah enzim yang aktivitas katalitiknya dipengaruhi oleh molekul pengatur, yaitu aktivator atau inhibitor, yang berikatan pada situs alosterik. Ikatan ini menyebabkan perubahan konformasi enzim. Perubahan tersebut dapat meningkatkan afinitas enzim terhadap substrat (aktivasi) atau menurunkannya (inhibisi).

⇒ **Kurva Kinetika Enzim Alosterik**

Berbeda dengan enzim biasa, enzim alosterik menunjukkan hubungan sigmoidal antara kecepatan reaksi dan konsentrasi substrat:

$$v = \frac{V_{max}[S]^n}{K_{0.5}^n + [S]^n}$$

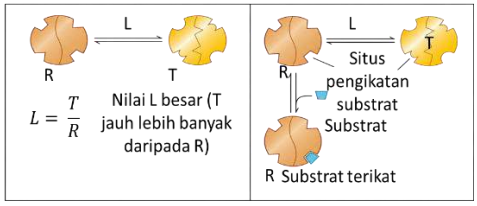
Keterangan:

- **n** = koefisien Hill (menunjukkan tingkat kooperativitas)
- **$K_{0.5}$** = konsentrasi substrat saat kecepatan setengah maksimum

⇒ **Model Kerja Enzim Alosterik**

Model *Concerted* (MWC Model)

Model Monod-Wyman-Changeux (MWC) untuk transisi alosterik, yang juga disebut model terkoordinasi



Protein dimerik berada dalam kesetimbangan antara bentuk T (tegang) dan R (relaks). Nilai L menunjukkan perbandingan bentuk T terhadap R. Pada sebagian besar enzim alosterik, nilai L tinggi sehingga bentuk T lebih dominan.

Menurut prinsip Le Chatelier, pengikatan substrat menggeser kesetimbangan ke bentuk R (relaks). Karena KR < KT, substrat lebih kuat berikatan dengan bentuk R. Perbandingan KR/KT disebut c; jika bentuk T tidak mengikat substrat, maka c = 0.

Sumber: Brain Kart dengan modifikasi

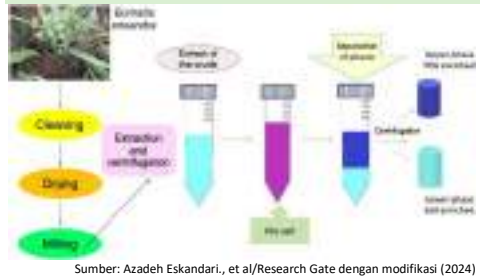
a. Dikemukakan oleh Monod, Wyman, dan Changeux
b. Enzim berada dalam dua keadaan:
   - T (*tense*) → afinitas rendah
   - R (*relaxed*) → afinitas tinggi

Semua subunit berubah secara bersamaan

⇒ **Regulasi Enzim Alosterik**

Regulasi Enzim Alosterik
1. Aktivator Alosterik: Molekul yang meningkatkan aktivitas enzim dengan menstabilkan bentuk aktif (R).
2. Inhibitor Alosterik: Molekul yang menurunkan aktivitas enzim dengan menstabilkan bentuk tidak aktif (T).

Pemurnian Enzim



Sumber: Azadeh Eskandari., et al/Research Gate dengan modifikasi (2024)

Pemurnian enzim adalah proses isolasi enzim dari campuran biologis, seperti sel, jaringan, atau cairan tubuh. Tujuannya untuk memperoleh enzim

dengan tingkat kemurnian tertentu sesuai kebutuhan penelitian, industri, dan farmasi. Proses ini menghilangkan zat pengotor seperti protein lain, lipid, asam nukleat, dan komponen seluler tanpa merusak aktivitas biologis enzim.

⇒ Tahapan Pemurnian Enzim

Tahapan Pemurnian Enzim
1. Ekstraksi/Isolasi Awal: Enzim dikeluarkan dari sel melalui homogenisasi, sonikasi, atau lisis untuk memperoleh ekstrak kasar.
2. Fraksinasi: Pemurnian awal untuk memisahkan protein berdasarkan sifat tertentu, seperti presipitasi dan dialisis.
3. Pemisahan Fisik-Kimia: Pemisahan menggunakan kromatografi atau elektroforesis berdasarkan ukuran, muatan, afinitas, atau kemurnian protein.
4. Pemekatan: Meningkatkan konsentrasi enzim melalui ultrafiltrasi atau liofilisasi.
5. Penyimpanan: Enzim disimpan pada suhu rendah dan dapat ditambahkan stabilizer seperti gliserol atau buffer.

⇒ Parameter Keberhasilan Pemurnian

Evaluasi dengan parameter berikut:	
1	Aktivitas total: Jumlah aktivitas enzim dalam sampel
2	Aktivitas spesifik: Aktivitas per mg protein (indikator kemurnian)
3	*Yield:* Persentase aktivitas enzim yang tersisa
4	*Fold Purification:* Peningkatan aktivitas spesifik dibandingkan ekstrak awal

Rumus Aktivitas Spesifik

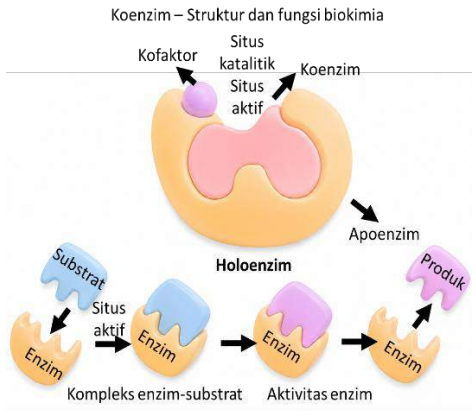
$$\text{Aktivitas Spesifik} = \frac{\text{Total Aktivitas}}{\text{Total Protein}}$$

⇒ Tabel Contoh Hasil Pemurnian Enzim

Tahap	Ekstrak kasar	Presipitasi	Kroma-tografi
Total protein (mg)	1000	500	100
Total Aktivitas (unit)	5000	4000	3000
Aktivitas Spesifik	5	8	30
Yield (%)	100	80	60
Kemurnian (fold)	1	1,6	6

6.5 MOLEKUL KOENZIM

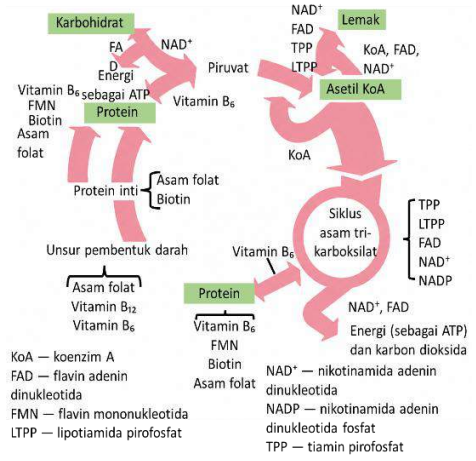
Koenzim



Sumber: P.Bright Academy/Youtube dengan modifikasi (2021)

Koenzim adalah molekul organik nonprotein yang umumnya berasal dari vitamin larut air, terutama vitamin B kompleks. Koenzim berikatan longgar dengan apoenzim dan membantu transfer gugus kimia, atom, atau elektron selama reaksi katalitik. Berbeda dengan apoenzim yang menentukan spesifisitas substrat, koenzim berperan langsung dalam proses reaksi.

⇒ Klasifikasi Koenzim Berdasarkan Fungsinya

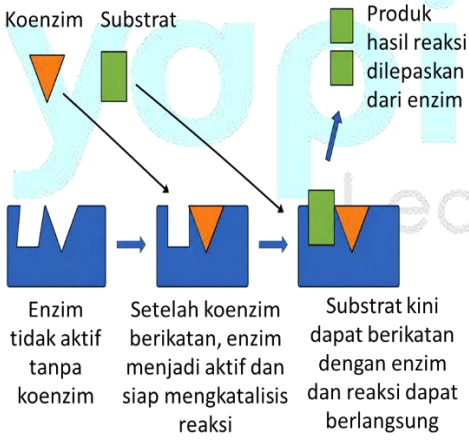


Sumber: Margaret J. Baigent/Britannica dengan modifikasi (2026)

Koenzim dapat diklasifikasikan berdasarkan gugus atau senyawa yang dipindahkan.

a. Transfer Elektron (Redoks): Berperan penting dalam metabolisme energi, seperti glikolisis, siklus Krebs, dan rantai transpor elektron. Contohnya NAD^+ dari vitamin B3 untuk reaksi dehidrogenasi dan FAD dari vitamin B2 untuk reaksi oksidasi-reduksi.
b. Transfer Gugus Kimia: Berfungsi memindahkan gugus tertentu dalam reaksi metabolisme. Contohnya Koenzim A untuk membawa gugus asil/asetil, PLP untuk transaminasi asam amino, TPP untuk dekarboksilasi oksidatif, dan biotin untuk pemindahan CO_2.

⇒ Mekanisme Kerja Koenzim



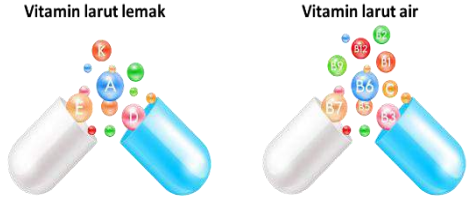
Sumber: Openwa pressbooks dengan modifikasi

Koenzim berperan sebagai pembawa gugus kimia atau elektron dalam reaksi enzimatik. Mekanismenya meliputi:

a. Pengikatan: Koenzim berikatan dengan apoenzim.
b. Transformasi: Koenzim menerima atau menyumbangkan gugus kimia/ elektron.
c. Pelepasan: Produk dilepaskan, lalu koenzim kembali digunakan atau diregenerasi.

Definisi Vitamin sebagai Koenzim

⇒ Definisi Vitamin

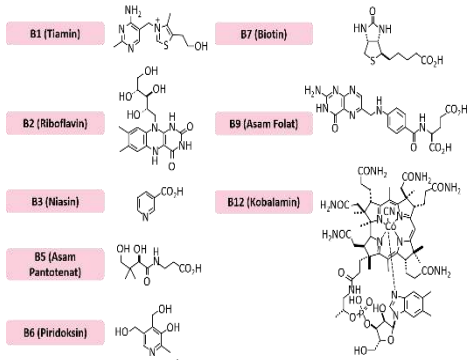


Vitamin larut lemak	Vitamin larut air
• Diserap oleh lemak makanan, kemudian dilepaskan ke dalam aliran darah. • Diekskresikan sangat lambat oleh tubuh. • Disimpan di jaringan lemak dan hati untuk penggunaan selanjutnya.	• Diserap langsung ke dalam aliran darah setelah pencernaan. • Diekskresikan melalui urine oleh ginjal. • Tidak disimpan di dalam tubuh dan perlu diisi ulang secara teratur.

Sumber: Medinutritionals Research dengan modifikasi (2024)

Vitamin adalah mikronutrien penting yang umumnya diperoleh dari makanan dan diklasifikasikan menjadi vitamin larut air serta larut lemak. Vitamin larut air meliputi vitamin C dan B kompleks, sedangkan vitamin larut lemak meliputi vitamin A, D, E, dan K. Secara biologis, vitamin terutama vitamin B kompleks dapat berperan sebagai koenzim setelah mengalami transformasi kimia. Koenzim membantu enzim dalam reaksi katalitik dengan memindahkan gugus kimia, atom, atau elektron.

Daftar Vitamin Utama dan Perannya sebagai Koenzim

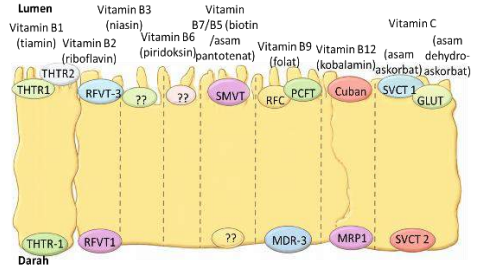


Sumber: Nat. Prod. Rep/Royal Society of Chemistry dengan modifikasi

Vitamin
B1 (Tiamin) Bentuk Koenzim Aktif: Tiamin Pirofosfat (TPP)

Fungsi Utama dalam Reaksi: Memutus ikatan karbon (dekarboksilasi) pada metabolisme karbohidrat.
B2 (Riboflavin) Bentuk Koenzim Aktif: FMN dan FAD Fungsi Utama dalam Reaksi: Reaksi oksidasi-reduksi (transfer elektron/ hidrogen).
B3 (Niasin) Bentuk Koenzim Aktif: NAD+ dan NADP+ Fungsi Utama dalam Reaksi: Transfer elektron pada respirasi seluler dan sintesis asam lemak.
B5 (Asam Pantotenat) Bentuk Koenzim Aktif: Koenzim A (***CoA***) Fungsi Utama dalam Reaksi: Transfer gugus asil/asetil (sangat penting untuk siklus Krebs).
B6 (Piridoksin) Bentuk Koenzim Aktif: Piridoksal Fosfat (PLP) Fungsi Utama dalam Reaksi: Metabolisme asam amino (transaminasi dan dekarboksilasi).
B7 (Biotin) Bentuk Koenzim Aktif: Biotin-lisin (Sitosol) Fungsi Utama dalam Reaksi: Fiksasi CO2 (reaksi karboksilasi).
B9 (Asam Folat) Bentuk Koenzim Aktif: Tetrahidrofolat (THF) Fungsi Utama dalam Reaksi: Transfer unit satu-karbon (sintesis DNA dan heme).
B12 (Kobalamin) Bentuk Koenzim Aktif: Metilkobalamin Fungsi Utama dalam Reaksi: Penataan ulang molekul dan transfer gugus metil.

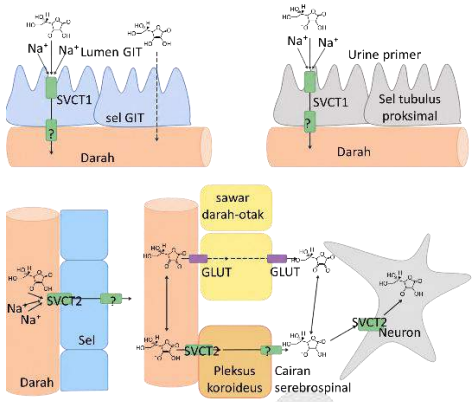
Vitamin Larut Air



Sumber: Hamid M. Said/Science Direct dengan modifikasi

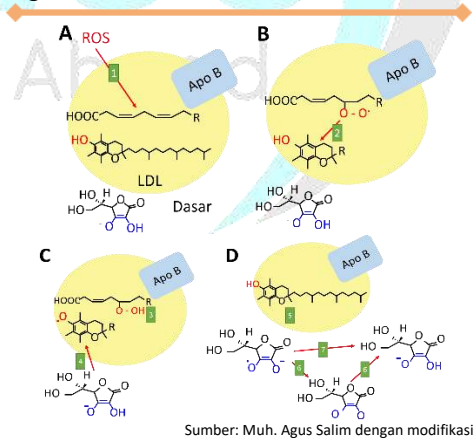
Vitamin larut air meliputi vitamin C dan vitamin B kompleks. Karena tidak banyak disimpan dalam tubuh, vitamin ini harus dikonsumsi secara rutin. Penyerapannya terjadi di usus halus melalui mekanisme transport khusus sesuai jenis vitaminnya.

⇒ **Vitamin C (Asam Askorbat)**



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Vitamin C (asam askorbat) adalah vitamin larut air yang berfungsi sebagai antioksidan dan kofaktor pembentukan kolagen. Vitamin ini penting untuk kesehatan kulit, tulang, dan pembuluh darah, dengan kebutuhan sekitar 40–120 mg/hari.



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

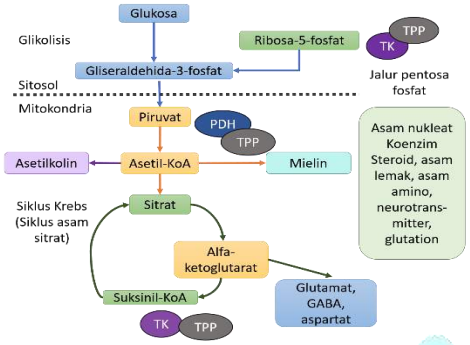
Mekanisme Spesifik	
Hidroksilasi kolagen	Vitamin C menjaga Fe2+ agar enzim *prolyl hydroxylase* aktif.
Antioksidan	Menetralkan radikal bebas dan membantu regenerasi vitamin E.
Sintesis katekolamin	Membantu konversi dopamin menjadi norepinefrin.

⇒ **Vitamin B Kompleks**

Vitamin B1 (Tiamin)

Vitamin B1 (tiamin) adalah vitamin larut air yang berperan dalam metabolisme energi. Bentuk aktifnya, tiamin pirofosfat (TPP), berfungsi sebagai koenzim pada piruvat dehidrogenase, alfa-ketoglutarat dehidrogenase, dan transketolase.

Mekanisme kerja



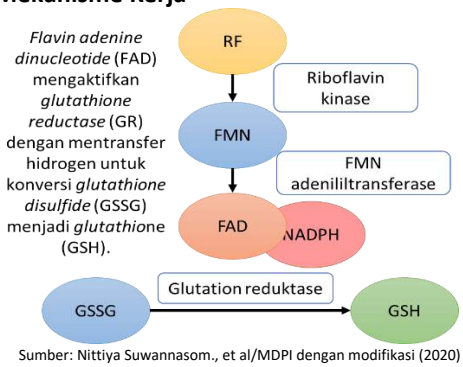
Sumber: Carlos-Alberto/Research Gate dengan modifikasi

Vitamin B1 (tiamin) aktif sebagai TPP, koenzim penting dalam metabolisme karbohidrat untuk menghasilkan energi. Vitamin ini juga mendukung fungsi saraf, otot, dan jantung.

Vitamin B2 (Riboflavin)

Vitamin B2 (riboflavin) adalah vitamin larut air berwarna kuning-oranye yang berperan dalam pembentukan kofaktor aktif. Riboflavin stabil terhadap panas dan oksigen, tetapi sensitif terhadap cahaya, zat pereduksi, dan larutan alkali.

Mekanisme Kerja



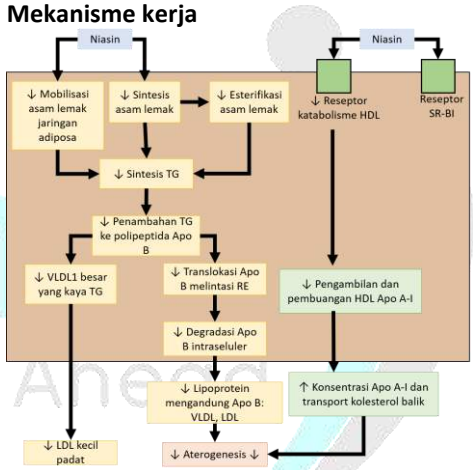
Sumber: Nittiya Suwannasom., et al/MDPI dengan modifikasi (2020)

Riboflavin (vitamin B2) merupakan prekursor FMN dan FAD, yang berperan sebagai kofaktor dalam aktivitas antioksidan dan metabolisme energi. Vitamin ini juga mendukung metabolisme lipid dan asam amino, pertumbuhan, serta pembentukan sel darah merah.

Vitamin B3 (Niasin/Asam Nikotinat)

Niasin (vitamin B3) adalah vitamin larut air yang terdiri atas asam nikotinat, nikotinamida, serta turunannya, dan juga terdapat sebagai NAD dan NADP dalam makanan.

Mekanisme kerja



Sumber: William E Boden/Research Gate dengan modifikasi

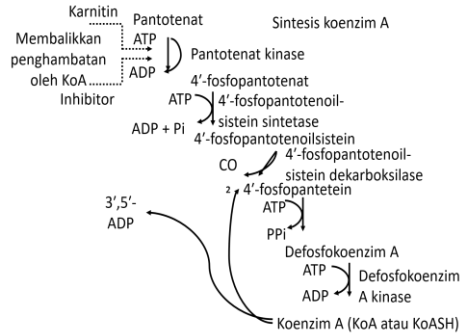
Niasin berperan dalam metabolisme lipid dengan menurunkan produksi trigliserida di hati, mengurangi VLDL dan LDL, serta meningkatkan HDL. Niasin juga menghambat pemecahan lemak di jaringan adiposa dan menekan pembentukan trigliserida. Selain itu, niasin membantu memperbaiki kondisi redoks endotel, menurunkan stres oksidatif, serta menghambat proses inflamasi vaskular yang berkaitan dengan aterosklerosis.

Vitamin B5 (Asam Pantotenat)

Vitamin B5 (asam pantotenat) adalah vitamin larut air yang banyak

terdapat dalam makanan. Vitamin ini cukup stabil terhadap oksigen dan cahaya, tetapi mudah rusak oleh panas, asam, basa, dan alkali.

Mekanisme kerja



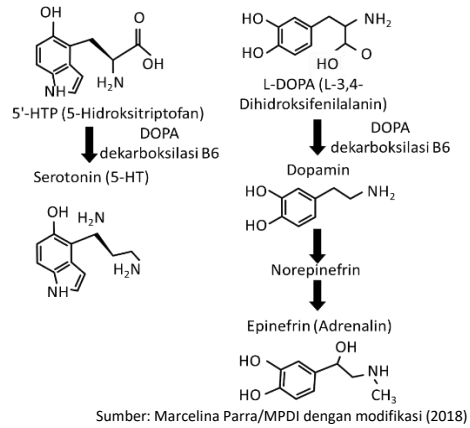
Sumber: Robert B. Rucker/Science Direct dengan modifikasi (2020)

Vitamin B5 merupakan prekursor koenzim A (CoA) yang berperan penting dalam metabolisme energi dan siklus asam sitrat. Vitamin ini juga diperlukan untuk sintesis asam lemak, asam amino, neurotransmiter, serta mendukung fungsi dan kesehatan sistem saraf.

Vitamin B6 (Piridoksin)

Vitamin B6 (piridoksin) berperan dalam berbagai proses biologis dan harus diperoleh dari makanan atau suplemen karena tidak diproduksi tubuh. Kekurangan dapat disebabkan oleh asupan rendah, gangguan penyerapan, atau interaksi obat.

Mekanisme kerja



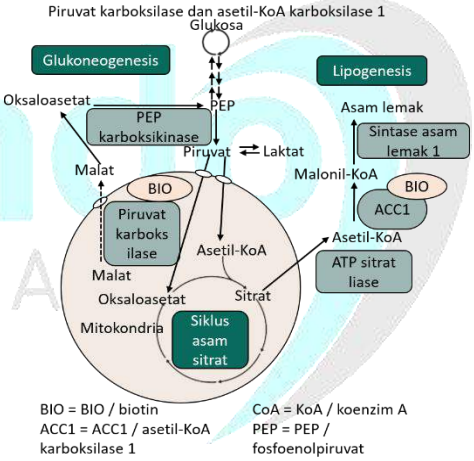
Sumber: Marcelina Parra/MPDI dengan modifikasi (2018)

Vitamin B6 terdiri dari piridoksin, piridoksal, piridoksamin, dan bentuk fosfatnya. Bentuk aktifnya berperan sebagai koenzim dalam metabolisme asam amino dan glikogen, pembentukan heme serta sfingomielin, dan sintesis neurotransmiter seperti dopamin, norepinefrin, serotonin, serta GABA.

Vitamin B7 (Biotin)

Vitamin B7 (biotin) berperan sebagai kofaktor enzim karboksilase dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan asam amino. Biotin juga mendukung regulasi ekspresi gen, fungsi imun, dan aktivitas mitokondria.

Mekanisme kerja



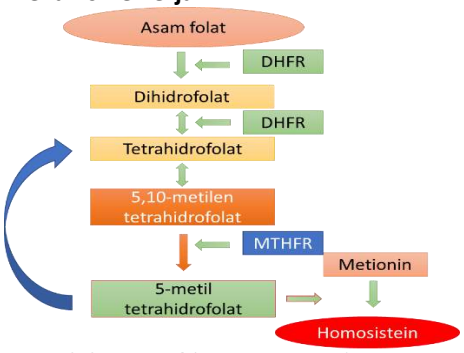
Biotin berperan dalam glukoneogenesis dan lipogenesis. Piruvat karboksilase menghasilkan oksaloasetat untuk pembentukan glukosa atau masuk ke siklus asam sitrat, sedangkan asetil-KoA karboksilase 1 menghasilkan malonil-KoA sebagai prekursor sintesis asam lemak.
Sumber: Donald Mock/Oregon State dengan modifikasi (2023)

Vitamin B7 berperan sebagai koenzim bagi enzim karboksilase dalam berbagai proses metabolisme. Biotin membantu reaksi karboksilasi penting, seperti pembentukan malonil-CoA, oksaloasetat, dan metilmalonil-CoA. Proses ini mendukung metabolisme lemak, pembentukan glukosa sebagai sumber energi, serta fungsi pensinyalan sel dan kontrol epigenetik.

Vitamin B9 (Asam Folat)

Vitamin B9 (asam folat) berperan dalam pembentukan sistem saraf dan sel darah. Vitamin ini membantu mencegah anemia, menurunkan kadar homosistein, serta mencegah cacat saraf pada janin.

Mekanisme kerja



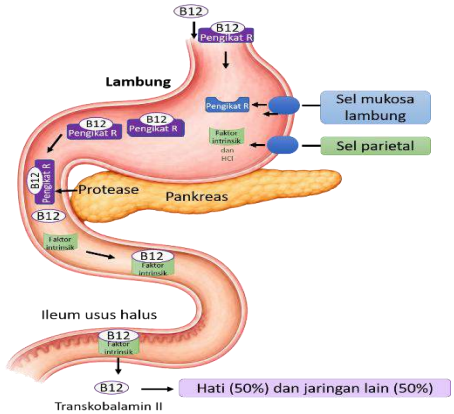
Metabolisme asam folat. Keterangan gambar: DHFR—dihidrofolat reduktase; MTHFR—metilenetetrahidrofolat reduktase.
Sumber: Lyazzat Kaldygulova/MDPI dengan modifikasi (2023)

Asam folat diubah menjadi THF dan MTHF yang berperan dalam sintesis DNA, pembentukan sel darah merah, dan metabolisme asam amino. Bersama vitamin B12, folat membantu menurunkan kadar homosistein.

Vitamin B12 (Kobalamin)

Vitamin B12 (kobalamin) penting untuk sintesis DNA, pembentukan sel darah merah, fungsi saraf, dan mielinisasi.

Mekanisme kerja



Sumber: Anthony J/Evidence-Based medicine dengan modifikasi

Vitamin B12 diserap setelah berikatan dengan faktor intrinsik di usus kecil. Vitamin ini berperan dalam metabolisme folat, sintesis DNA, dan pembentukan sel darah merah. Kekurangan B12 dapat menyebabkan anemia megaloblastik.

Vitamin Larut Lipid

⇒ **Vitamin A**

Vitamin A (retinol dan karotenoid) berperan dalam penglihatan, kesehatan epitel, pertumbuhan, dan imunitas. Kekurangan dapat menyebabkan rabun malam, sedangkan kelebihan dapat menimbulkan gangguan hati, kulit, dan risiko cacat janin.

⇒ **Vitamin D**

Vitamin D (D_2 dan D_3) berperan dalam menjaga kadar kalsium-fosfat, kesehatan tulang, serta fungsi saraf dan otot. Kekurangan menyebabkan rakitis atau osteomalasia, sedangkan kelebihan dapat menimbulkan hiperkalsemia dan batu ginjal.

⇒ **Vitamin E**

Vitamin E adalah vitamin larut lemak yang berfungsi sebagai antioksidan untuk melindungi membran sel dari kerusakan oksidatif. Kekurangannya dapat menyebabkan kelemahan otot, neuropati, ataksia, serta anemia akibat meningkatnya kerusakan sel darah merah. Kelebihan vitamin E jarang terjadi, tetapi dosis tinggi dapat mengganggu pembekuan darah, terutama pada pengguna antikoagulan.

⇒ **Vitamin K**

Vitamin K terdiri atas K1 dan K2 serta berperan dalam pembekuan darah. Sumber utamanya adalah sayuran hijau dan bakteri usus. Kekurangan vitamin K dapat menyebabkan perdarahan dan gangguan pembekuan darah, terutama pada bayi baru lahir.

6.6 BIOENERGETIKA

Prinsip Dasar Bioenergetika

Hukum I Termodinamika

Dalam sistem tertutup, perubahan energi dalam (ΔU) sama dengan kalor yang diterima sistem (Q) dikurangi usaha yang dilakukan oleh sistem (W).

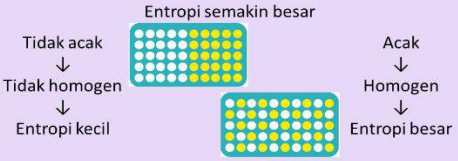
$$\Delta U = Q - Ws$$

Keterangan:
ΔU = perubahan energi dalam (J)
Q = kalor yang diterima sistem (J)
W_s = usaha yang dilakukan sistem (J)

Hukum II Termodinamika

Entropi: Besaran yang menyatakan tingkat ketidakteraturan atau keacakan suatu sistem.

Semakin acak sistem → Sistem semakin homogen → Entropi semakin besar



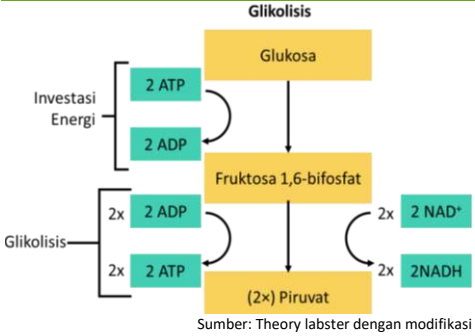
Secara spontan, sistem cenderung menuju keadaan yang lebih homogen dan lebih acak sehingga entropinya meningkat (ΔS > 0).

Sumber: Kenya Swawikanti/Ruang Guru dengan modifikasi (2022)

Prinsip/Reaksi	
Hukum I Termo-dinamika	Energi tidak diciptakan atau dimusnahkan, hanya diubah bentuknya.
Hukum II Termo-dinamika	Transformasi energi meningkatkan entropi sistem.
Reaksi Eksergonik	Reaksi yang melepaskan energi.
Reaksi Endergonik	Reaksi yang memerlukan energi.
Kopling Energi	Menghubungkan reaksi untuk menjalankan proses yang butuh energi.

Jalur Utama Produksi Energi

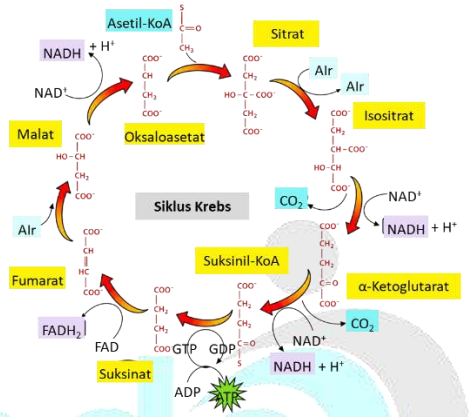
Glikolisis



Sumber: Theory labster dengan modifikasi

Glikolisis adalah proses pemecahan glukosa menjadi dua molekul piruvat di dalam sitoplasma. Proses ini menghasilkan: 2 ATP (neto), 2 NADH. Glikolisis dapat berlangsung baik dalam kondisi aerob maupun anaerob.

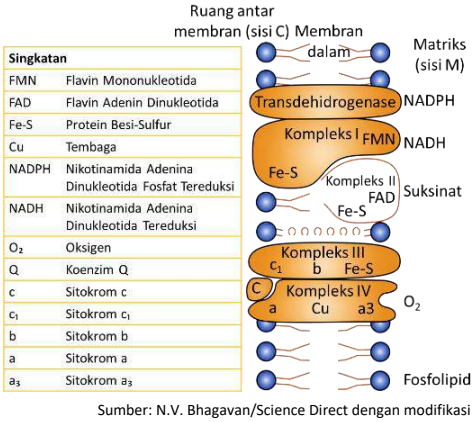
Siklus Asam Sitrat (Siklus Krebs)



Sumber: Anu Sharma/FlexBooks dengan modifikasi (2026)

Siklus Krebs berlangsung di matriks mitokondria dan dimulai saat asetil-KoA bergabung dengan oksaloasetat membentuk sitrat. Rangkaian reaksi ini menghasilkan 3 NADH, 1 $FADH_2$, 1 ATP/GTP, dan 2 CO_2. NADH dan $FADH_2$ kemudian membawa elektron ke rantai transpor elektron untuk menghasilkan ATP.

Rantai Transpor Elektron dan Fosforilasi Oksidatif

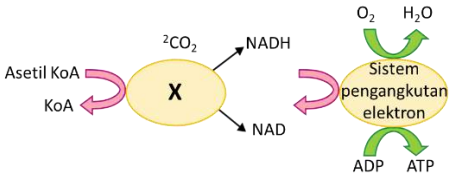


Singkatan	
FMN	Flavin Mononukleotida
FAD	Flavin Adenin Dinukleotida
Fe-S	Protein Besi-Sulfur
Cu	Tembaga
NADPH	Nikotinamida Adenina Dinukleotida Fosfat Tereduksi
NADH	Nikotinamida Adenina Dinukleotida Tereduksi
O_2	Oksigen
Q	Koenzim Q
c	Sitokrom c
c_1	Sitokrom c_1
b	Sitokrom b
a	Sitokrom a
a_3	Sitokrom a_3

Sumber: N.V. Bhagavan/Science Direct dengan modifikasi

Rantai transpor elektron dan fosforilasi oksidatif menggunakan NADH dan $FADH_2$ untuk menghasilkan ATP di membran dalam mitokondria. Elektron yang ditransfer membentuk gradien proton, kemudian enzim ATP sintase memanfaatkannya untuk memproduksi ATP. Proses ini menjadi sumber utama energi pada sel aerob.

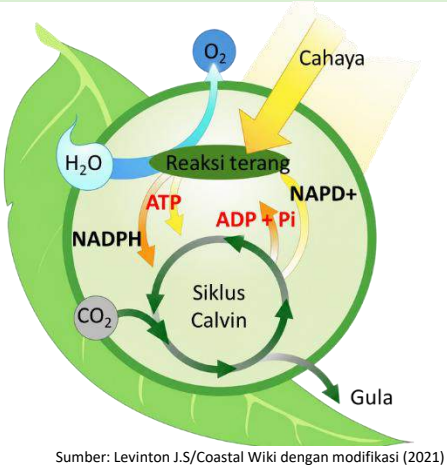
Katabolisme



Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Katabolisme adalah pemecahan karbohidrat, lemak, dan protein menjadi molekul sederhana untuk menghasilkan energi. Proses ini membentuk asetil-KoA yang masuk ke siklus Krebs, menghasilkan NADH dan $FADH_2$. Keduanya membawa elektron ke rantai transpor elektron untuk membentuk ATP sebagai energi utama sel.

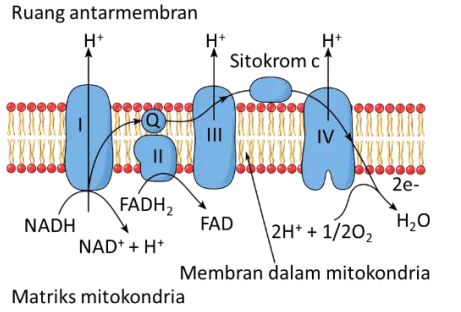
Anabolisme



Sumber: Levinton J.S/Coastal Wiki dengan modifikasi (2021)

Anabolisme adalah proses pembentukan molekul kompleks dari molekul sederhana dengan menggunakan energi. Pada fotosintesis, reaksi terang menghasilkan O_2, ATP, dan NADPH, lalu siklus Calvin menggunakan ATP dan NADPH untuk mengubah CO_2 menjadi gula.

Oksidasi Biologi

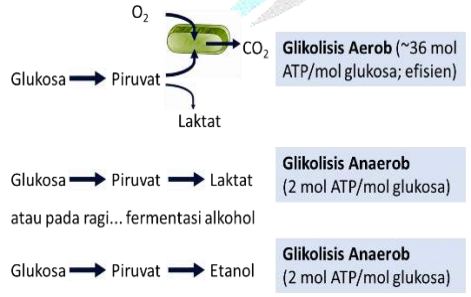


Sumber: Bachar Tarraf/Research Gate dengan modifikasi (2022)

Oksidasi biologi adalah pelepasan elektron dari NADH dan $FADH_2$ di membran dalam mitokondria untuk menghasilkan energi. Elektron melewati rantai transpor elektron, membentuk gradien H^+ yang digunakan ATP sintase untuk menghasilkan ATP. Oksigen menjadi penerima elektron terakhir dan membentuk H_2O.

6.7 SIFAT, SUSUNAN, DAN PENGGOLONGAN KARBOHIDRAT

Glikolisis



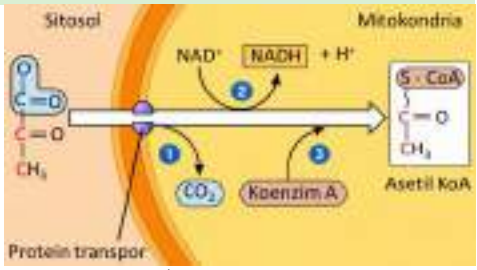
Sumber: Muh. Agus Salim dengan modifikasi

Glikolisis adalah pemecahan glukosa menjadi piruvat di sitoplasma, menghasilkan ATP dan NADH. Jika ada oksigen, piruvat diproses di mitokondria menjadi CO_2, H_2O, dan energi lebih besar. Jika tanpa oksigen, piruvat diubah menjadi

laktat pada manusia/hewan atau etanol pada ragi, dengan hasil energi lebih sedikit.

Reaksi	Proses
1	Fosforilasi glukosa
Glukosa menjadi glukosa-6-fosfat, memakai ATP.	
2	Isomerisasi glukosa-6-fosfat
Glukosa-6-fosfat menjadi fruktosa-6-fosfat.	
3	Fosforilasi fruktosa-6-fosfat
Fruktosa-6-fosfat menjadi fruktosa-1,6-bisfosfat, memakai ATP.	
4	Pemecahan fruktosa-1,6-bisfosfat
Menghasilkan DHAP dan G3P.	
5	Isomerisasi DHAP
DHAP diubah menjadi G3P.	
6	Oksidasi G3P
G3P menjadi 1,3-bisfosfogliserat dan menghasilkan NADH.	
7	Transfer fosfat 1,3-bisfosfogliserat
Menghasilkan ATP dan 3-fosfogliserat.	
8	Isomerisasi 3-fosfogliserat
3-fosfogliserat menjadi 2-fosfogliserat.	
9	Dehidrasi 2-fosfogliserat
2-fosfogliserat menjadi PEP.	
10	Transfer fosfat PEP
Menghasilkan ATP dan piruvat.	

Oksidasi Piruvat

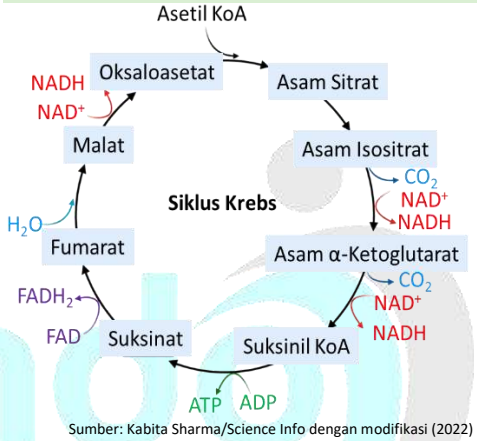


Sumber: David F. Stowe/Springer Nature Link dengan modifikasi (2025)

Oksidasi piruvat adalah perubahan piruvat menjadi asetil-KoA di mitokondria oleh enzim piruvat dehidrogenase. Proses ini menghasilkan CO_2 dan NADH, lalu asetil-KoA masuk ke siklus Krebs sebagai tahap lanjutan pembentukan energi.

Tahapan Oksidasi Piruvat	
Dekarboksilasi	Piruvat melepas CO_2 dan menjadi gugus hidroksietil.
Oksidasi	NAD^+ direduksi menjadi NADH.
Pembentukan asetil-KoA	Gugus asetil bergabung dengan KoA membentuk asetil-KoA.
Reaksi akhir	Piruvat + NAD^+ + KoA → Asetil-KoA + NADH + CO_2 + H^+.

Siklus Krebs



Sumber: Kabita Sharma/Science Info dengan modifikasi (2022)

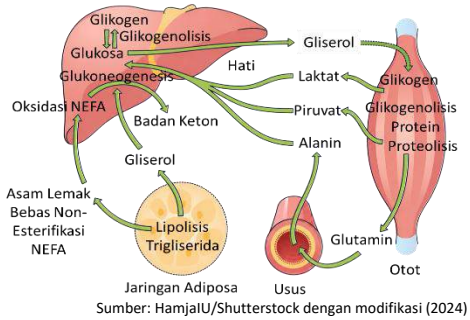
Siklus Krebs terjadi di mitokondria untuk mengolah asetil-KoA menjadi CO_2, NADH, $FADH_2$, dan ATP. NADH dan $FADH_2$ membawa elektron ke rantai transpor elektron untuk menghasilkan ATP. Siklus ini penting dalam metabolisme karbohidrat, lemak, dan protein.

Tahapan Siklus Krebs	
Sitrat sintase	Asetil-KoA bergabung dengan oksaloasetat membentuk sitrat.
Isomerase sitrat	Sitrat diubah menjadi isositrat.
Isositrat dehidrogenase	Isositrat diubah menjadi α-ketoglutarat dan menghasilkan NADH.
α-Ketoglutarat dehidrogenase	α-ketoglutarat menjadi suksinil-KoA.
Suksinat tiokinase	Suksinil-KoA menjadi suksinat dan menghasilkan GTP/ATP.
Suksinat dehidrogenase	Suksinat diubah menjadi fumarat.

Hidrasi	Fumarat diubah menjadi malat.
Regenerasi oksaloasetat	Malat diubah kembali menjadi oksaloasetat.

6.8 METABOLISME KARBOHIDRAT

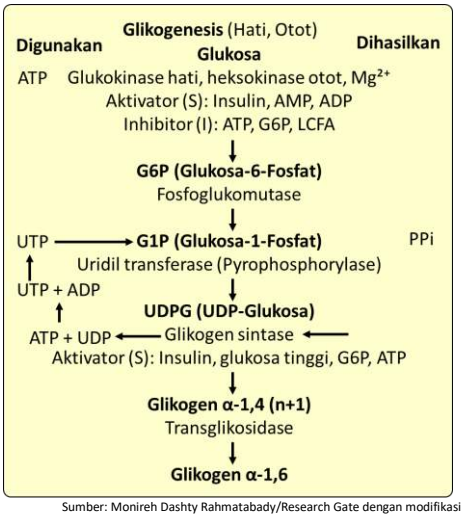
Glukoneogenesis



Sumber: HamjaIU/Shutterstock dengan modifikasi (2024)

Glukoneogenesis adalah pembentukan glukosa baru dari piruvat, laktat, gliserol, dan asam amino. Proses ini terutama terjadi di hati dan ginjal saat karbohidrat atau glikogen berkurang. Fungsinya menjaga kadar glukosa darah dan menyediakan energi bagi otak serta eritrosit, terutama saat puasa.

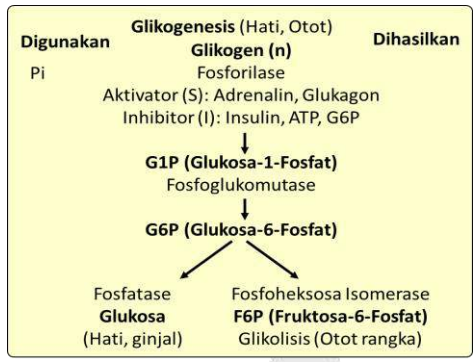
Glikogenesis



Sumber: Monireh Dashty Rahmatabady/Research Gate dengan modifikasi

Glikogenesis adalah proses penyimpanan glukosa menjadi glikogen saat kadar gula darah meningkat setelah makan. Proses ini dipengaruhi insulin dan terjadi terutama di hati serta otot.

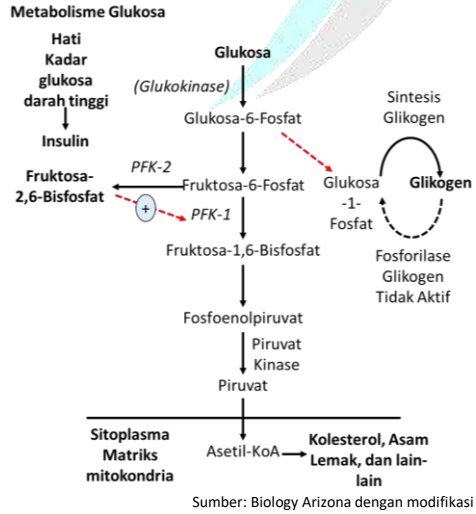
Glikogenolisis



Sumber: Monireh Dashty Rahmatabady/Research Gate dengan modifikasi

Glikogenolisis adalah pemecahan glikogen menjadi glukosa saat tubuh membutuhkan energi, terutama saat puasa atau antarwaktu makan. Glikogen hati menjaga kadar glukosa darah, sedangkan glikogen otot digunakan sebagai energi lokal. Proses ini diatur oleh glukagon dan adrenalin.

Regulasi Metabolisme Karbohidrat



Sumber: Biology Arizona dengan modifikasi

Karbohidrat adalah sumber energi utama yang dicerna menjadi glukosa, lalu

diserap ke darah. Metabolismenya mencakup pembentukan energi dan penyimpanan sebagai glikogen. Kadar glukosa darah diatur oleh insulin, meski otak, eritrosit, dan sel saraf dapat mengambil glukosa tanpa bergantung pada insulin.

6.9 LIPID & METABOLISME LIPID

Fungsi dan Klasifikasi Lipid

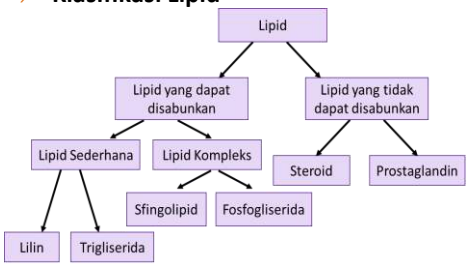
⇒ **Fungsi Lipid**

Penyimpanan Energi	Fungsi Otak	Penyerapan Vitamin
Pengaturan Suhu Tubuh	Perlindungan Organ	Struktur Membran Sel
Regulasi Hormon	Isolasi dan Perlindungan	Pembawa Pesan Kimia

Sumber: Adeel Abbas/Themaster Chemistry dengan modifikasi (2023)

Lipid berfungsi sebagai sumber energi tinggi, yaitu sekitar 9 kalori per gram. Selain itu, lipid berperan dalam pembentukan hormon, transportasi vitamin larut lemak, menjaga suhu tubuh, menyimpan cadangan energi, melindungi organ, dan mendukung fungsi reproduksi.

⇒ **Klasifikasi Lipid**

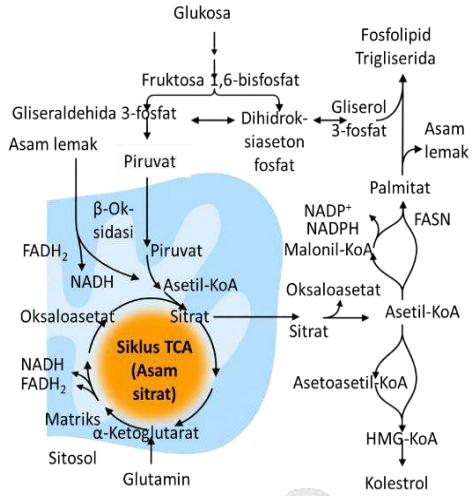


Sumber: ssuserd60f5c/Slideshare dengan modifikasi

Klasifikasi Lipid

1. Tidak dapat disaponifikasi: Lipid yang tidak dapat dipecah menjadi molekul kecil melalui hidrolisis. Contohnya kolesterol dan prostaglandin.
2. Dapat disaponifikasi: Lipid yang mengandung gugus ester dan dapat mengalami hidrolisis. Contohnya lilin, trigliserida, sfingolipid, dan fosfolipid.

Biosintesis Lipid

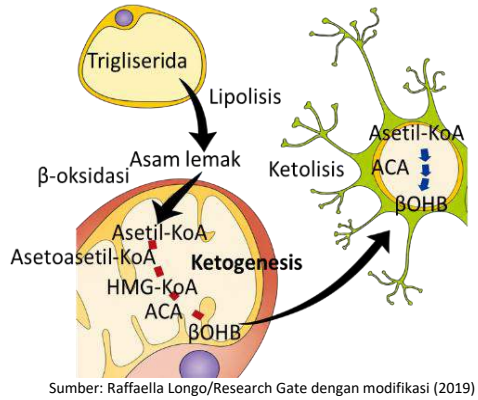


Sumber: CSH Perspectives dengan modifikasi (2026)

Materi

1. Biosintesis lipid: Proses produksi lipid untuk energi, struktur sel, dan hormon.
2. Sintesis asam lemak: Asetil-KoA diubah menjadi malonil-KoA, lalu membentuk rantai asam lemak dengan bantuan enzim dan NADPH.
3. Penyimpanan lemak: Asam lemak berlebih disimpan sebagai trigliserida di jaringan adiposa.
4. Sintesis trigliserida dan fosfolipid: Trigliserida menjadi cadangan energi, sedangkan fosfolipid penting untuk membran sel.
5. Jalur mevalonat dan steroid: Asetil-KoA menghasilkan prekursor untuk pembentukan steroid, kolesterol, dan hormon seks.

Ketogenesis

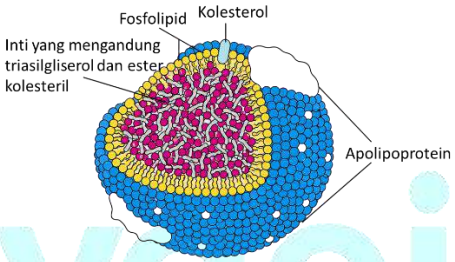


Sumber: Raffaella Longo/Research Gate dengan modifikasi (2019)

Tahap Ketogenesis
1. Pemecahan lemak: Saat defisiensi karbohidrat atau puasa, lemak dipecah menjadi asam lemak bebas.
2. Beta-oksidasi: Asam lemak bebas dioksidasi di mitokondria hati menghasilkan asetil-KoA.
3. Pembentukan keton: Asetil-KoA diubah menjadi badan keton: beta-hidroksibutirat, asetoasetat, dan aseton.
4. Fungsi keton: Badan keton menjadi sumber energi alternatif saat glukosa terbatas.

6.10 LIPOPROTEIN

Jenis Lipoprotein

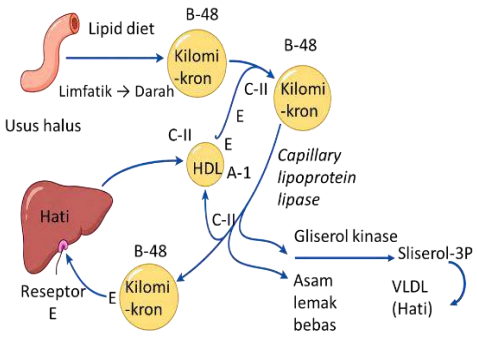


Sumber: Dr.Anil Batta/International Journal of Medical and Health Research, modifikasi

Lemak tidak larut dalam air atau plasma, sehingga diangkut sebagai lipoprotein, yaitu gabungan lemak dan protein. Lipoprotein dibentuk di hati, usus, atau berasal dari makanan, serta diklasifikasikan berdasarkan sifat elektroforetik, densitas, komposisi, dan jenis apolipoproteinnya.

Ada beberapa jenis lipoprotein:

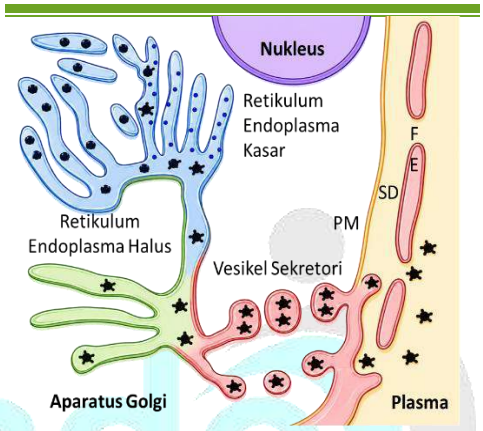
Kilomikron



Sumber: lauraaa_valdez4/Quizlet dengan modifikasi

Kilomikron adalah lipoprotein yang dibentuk di usus halus untuk mengangkut lemak makanan, terutama trigliserida. Di darah, trigliserida dibawa ke jaringan untuk digunakan atau disimpan, sedangkan sisa kilomikron yang mengandung kolesterol dibawa ke hati.

VLDL *(Very Low Density Lipoprotein)*

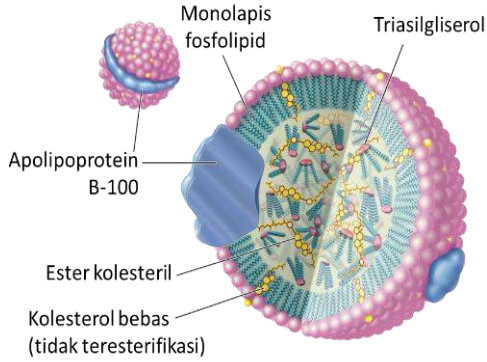


Singkatan: Membran Plasma (PM), Domain Submembran (SD,)Ruang Ekstraseluler (E), Cairan Ekstraseluler (F)

Sumber: Michael L. Bruss/Science Direct dengan modifikasi

VLDL adalah lipoprotein yang diproduksi hati untuk mengangkut trigliserida ke jaringan tubuh. VLDL dibentuk dari lipid dan apolipoprotein, dengan trigliserida berasal dari jaringan adiposa, karbohidrat, dan hidrolisis trigliserol.

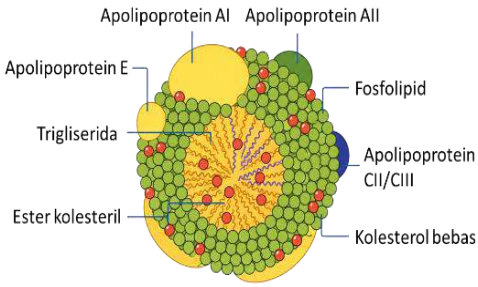
LDL *(Low density Lipoprotein)*



Sumber: Laura Agnoletto/Research Gate dengan modifikasi

LDL atau beta-lipoprotein merupakan lipoprotein dengan kandungan kolesterol tinggi. Sekitar 50% massa LDL terdiri dari kolesterol, 25% protein, serta sebagian kecil trigliserida. Protein utama penyusun LDL adalah Apo B-100. LDL berfungsi mengangkut kolesterol dan fosfolipid dari hati ke sel-sel tepi.

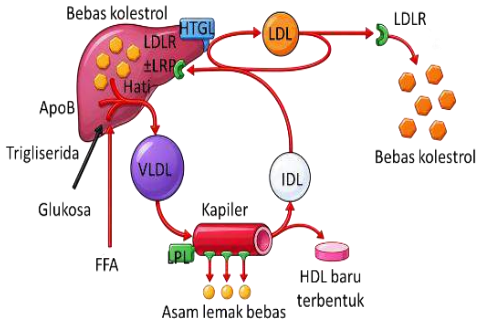
HDL *(High Density Lipoprotein)*



Sumber: Wan Norhasanah/Research Gate dengan modifikasi

HDL atau alfa-lipoprotein adalah partikel kecil yang tersusun atas protein, kolesterol, fosfolipid, dan sedikit trigliserida. HDL disintesis di hati dan usus, lalu dilepaskan ke darah. HDL berfungsi mengangkut kolesterol dari jaringan tubuh kembali ke hati. Jenis HDL meliputi HDL2 dan HDL3, yang berbeda berdasarkan ukuran dan densitasnya.

Metabolisme Lipoprotein

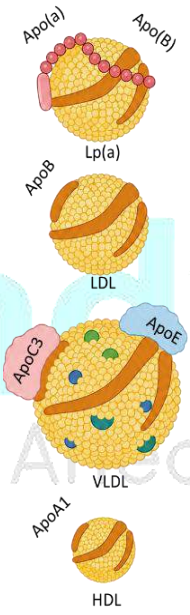


ApoB = Apolipoprotein B, FFA = Asam lemak bebas, HDL = Lipoprotein densitas tinggi, HTGL = Lipase trigliserida hati, IDL = Lipoprotein densitas menengah, LDLR = Reseptor lipoprotein densitas rendah, LPL = Lipoprotein lipase, LRP = Protein terkait reseptor LDL, VLDL = Lipoprotein densitas sangat rendah.

Sumber: Albert Sanllorente., et al,/Research Gate dengan modifikasi (2021)

Metabolisme lipoprotein mengangkut lemak dalam bentuk lipoprotein karena lipid tidak larut dalam plasma. Kilomikron membawa trigliserida dari makanan ke jaringan, lalu sisanya ke hati. Hati membentuk VLDL yang kemudian dapat berubah menjadi LDL pembawa kolesterol ke sel. HDL membawa kolesterol kembali ke hati sehingga membantu melindungi pembuluh darah.

Apolipoprotein



Penanda yang Berhubungan dengan Lp(a): Lipoprotein(a)
Apo(a) Ulangan domain kringle
Apo(a) Daerah konstan

Penanda yang Berhubungan dengan LDL-C: Kolesterol LDL
ApoB Apolipoprotein B

Penanda yang Berhubungan dengan Trigliserida
ApoC1 → Apolipoprotein C1
ApoC2 → Apolipoprotein C2
ApoC3 → Apolipoprotein C3
ApoE → Apolipoprotein E

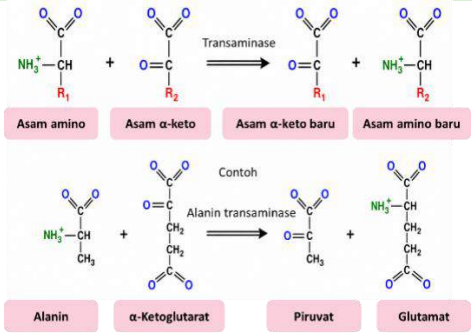
Penanda yang Berhubungan dengan HDL-C → Kolesterol HDL
ApoA1 → Apolipoprotein A1
ApoA2 → Apolipoprotein A2
ApoA4 → Apolipoprotein A4
ApoD → Apolipoprotein D
ApoH → Apolipoprotein H
ApoL1 → Apolipoprotein L1
ApoM → Apolipoprotein M

Sumber: Robert Clarke., et al,/AHA Journals dengna modifikasi (2023)

Jenis Apolipoprotein
1. Apolipoprotein A: Komponen utama HDL, membantu transport kolesterol dan aktivasi LCAT.
2. Apolipoprotein B: Struktur utama LDL/VLDL, berperan dalam homeostasis kolesterol.
3. Apolipoprotein C: Mengatur trigliserida dan metabolisme lipoprotein.
4. Apolipoprotein D: Mengikat molekul hidrofobik, berperan dalam transport lipid dan perlindungan saraf.
5. Apolipoprotein E: Mengatur ikatan lipoprotein dengan reseptor dan metabolisme kolesterol.
6. Apolipoprotein L: Berperan dalam transport kolesterol HDL dan respons imun.
7. Apolipoprotein M: Membawa S1P dan berperan dalam regulasi imun, vaskular, dan metabolisme lipid.

6.11 METABOLISME ASAM AMINO

Transaminasi

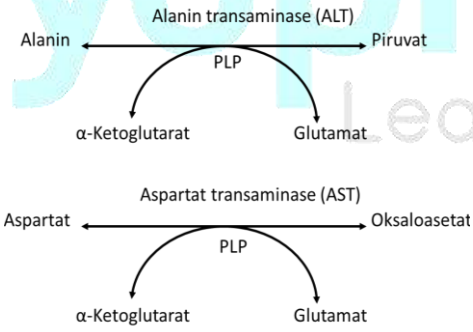


Sumber: Science Facts dengan modifikasi (2023)

Transaminasi adalah pemindahan gugus amino dari asam amino ke asam α-keto, menghasilkan asam amino dan asam keto baru. Reaksi ini tidak menghasilkan amonia bebas dan berperan penting dalam metabolisme nitrogen.

(Nelson & Cox, 2021)

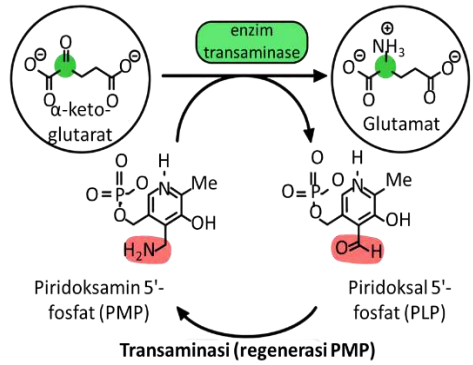
⇒ Enzim Transaminase



Sumber: Jaypee's Review of Medical Biochemistry

Enzim Transaminase
1. ALT: Memindahkan gugus amino dari alanin ke α-ketoglutarat, menghasilkan piruvat dan glutamat.
2. AST: Memindahkan gugus amino dari aspartat ke α-ketoglutarat, menghasilkan oksaloasetat dan glutamat.
3. Peran klinis: Berperan dalam metabolisme energi dan indikator fungsi hati.

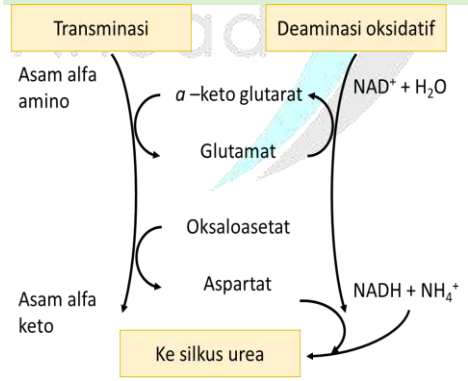
⇒ Mekanisme Reaksi Transaminasi



Sumber: Elham M. Youssef/XHP publishing dengan modifikasi (2024)

Tahap Transaminasi
1. Pembentukan kompleks: Gugus amino dipindahkan ke PLP, membentuk PMP dan asam keto.
2. Transfer gugus amino: Gugus amino dari PMP dipindahkan ke asam α-keto, menghasilkan asam amino baru dan PLP kembali.
3. Peran PLP: PLP berfungsi sebagai koenzim dalam reaksi transaminase.

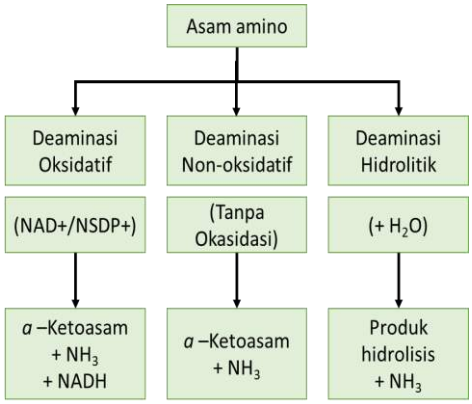
Deaminasi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Deaminasi adalah penghilangan gugus amino dari asam amino yang menghasilkan asam α-keto dan amonia. Proses ini penting untuk menghasilkan energi dan membuang nitrogen, karena amonia bersifat toksik dan harus diubah melalui siklus urea.

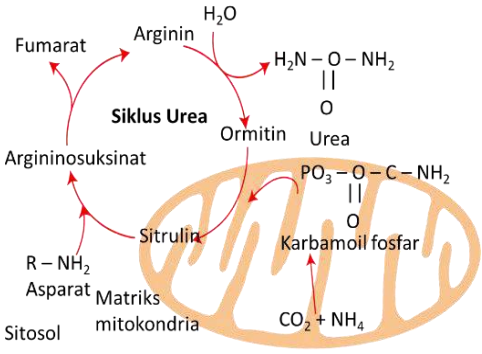
Jenis-Jenis Reaksi Deaminasi



Sumber: Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT)

Jenis Deaminasi
1. Deaminasi oksidatif: Deaminasi utama pada manusia, terjadi di hati dan menghasilkan α-ketoglutarat, amonia, serta NADH/NADPH.
2. Deaminasi non-oksidatif: Terjadi tanpa oksidasi, dikatalisis dehidratase/ deaminase, dan langsung menghasilkan amonia.
3. Deaminasi hidrolitik: Terjadi melalui hidrolisis dengan bantuan air, menghasilkan amonia.

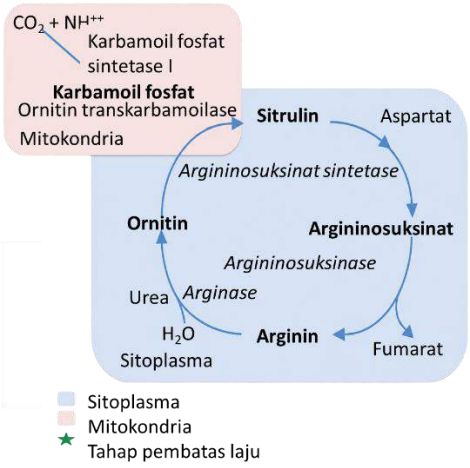
Siklus Urea



Sumber: Edna Peter/Slide Share dengan modifikasi

Siklus urea adalah proses di hati yang mengubah amonia toksik hasil katabolisme asam amino menjadi urea yang tidak toksik. Urea kemudian dikeluarkan melalui ginjal bersama urin.

Tahapan Reaksi Siklus Urea



Sumber: Rim Halaby/Wikidoc dengan modifikasi

Tahapan Siklus Urea
1. Pembentukan karbamoil fosfat: Amonia bereaksi dengan CO_2 membentuk karbamoil fosfat dan membutuhkan ATP.
2. Pembentukan sitrulin: Karbamoil fosfat bereaksi dengan ornitin membentuk sitrulin.
3. Pembentukan argininosuksinat: Sitrulin bereaksi dengan aspartat membentuk argininosuksinat.
4. Pembentukan arginin: Argininosuksinat dipecah menjadi arginin dan fumarat.
5. Pembentukan urea: Arginin dihidrolisis menjadi urea dan ornitin.

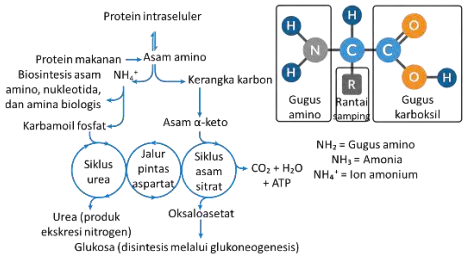
Degradasi Asam Amino dan Kerangka Karbon



Sumber: annetaylor_sparks/Quizlet dengan modifikasi

Degradasi asam amino adalah pemecahan asam amino untuk menghasilkan energi dan prekursor biologis. Proses ini diawali dengan pelepasan gugus amino, lalu rangka karbon masuk ke jalur metabolisme energi. Degradasi meningkat saat puasa, kelaparan, atau kebutuhan energi tinggi.

⇒ Tahapan Degradasi Asam Amino



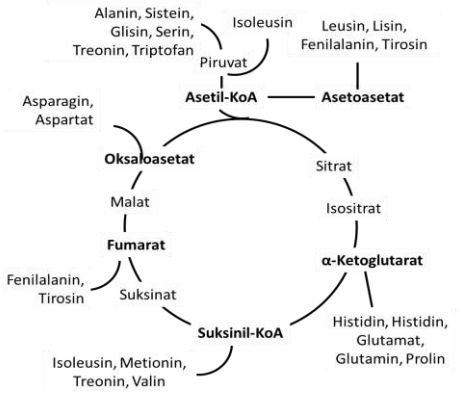
Sumber: Medintzfat dengan modifikasi (2025)

Tahapan Degradasi Asam Amino
1. Penghilangan gugus amino: Gugus amino dihilangkan melalui transaminasi dan deaminasi.
2. Transdeaminasi: Transaminasi dan deaminasi bekerja bersama untuk mengumpulkan nitrogen sebelum dieliminasi melalui siklus urea.
3. Pemanfaatan kerangka karbon: Kerangka karbon masuk ke jalur metabolisme energi atau sintesis senyawa lain.

⇒ Klasifikasi Asam Amino Berdasarkan Kerangka Karbon

Glukogenik	Glukogenik dan ketogenik	Ketogenik
Arg = Arginin His = Histidin Met = Metionin Thr = Treonin Val = Valin	Ile = Isoleusin Phe = Fenilalanin Trp = Triptofan	Leu = Leusin Lys = Lisin
Ala = Alanin Asp = Aspartat Asn = Asparagin Cys = Sistein Glu = Glutamat Gln = Glutamin Gly = Glisin Pro = Prolin Ser = Serin	Tyr = Tirosin	

Klasifikasi asam amino menurut metabolisme kerangka karbon. (A) Klasifikasi asam amino sebagai glukogenik eksklusif, glukogenik dan ketogenik/ketogenik eksklusif

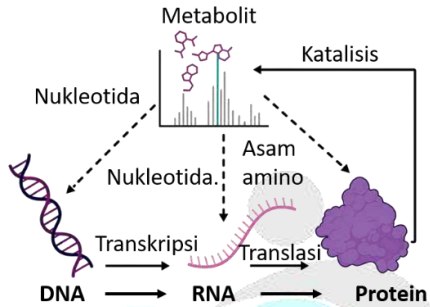


Sumber: Falco Francesca., et al/Research Gate dengan modifikasi (2020)

Klasifikasi Asam Amino	
Glukogenik	Kerangka karbon diubah menjadi prekursor glukosa.
Ketogenik	Menghasilkan badan keton atau asetil-KoA.
Campuran	Menghasilkan prekursor glukosa dan badan keton.

6.12 METABOLISME ASAM AMINO (ANABOLISME)

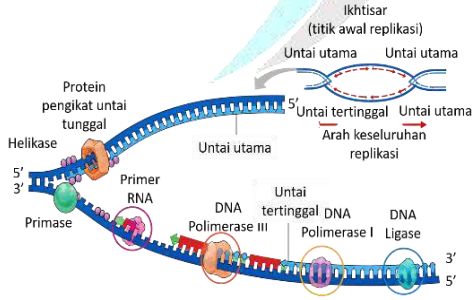
Dogma Sentral



Sumber: Luoluo Wang/ReseachGate dengan modifikasi (2024)

Dogma sentral adalah konsep biologi molekuler yang menjelaskan aliran informasi genetik dari DNA ke RNA, lalu menjadi protein. Konsep ini menjadi dasar proses pertumbuhan, diferensiasi sel, dan respons terhadap lingkungan.

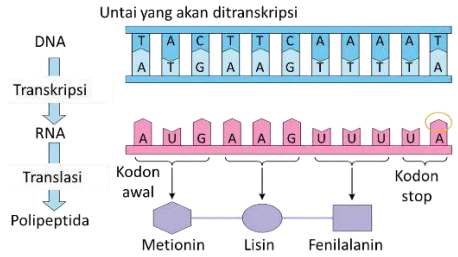
⇒ Replikasi DNA



Sumber: Yog/Biologi Edukasi dengan modifikasi (2020)

Replikasi DNA adalah proses penggandaan materi genetik sebelum pembelahan sel. Proses ini bersifat semikonservatif dan melibatkan enzim helikase, DNA polimerase, serta ligase untuk menghasilkan salinan DNA yang akurat.

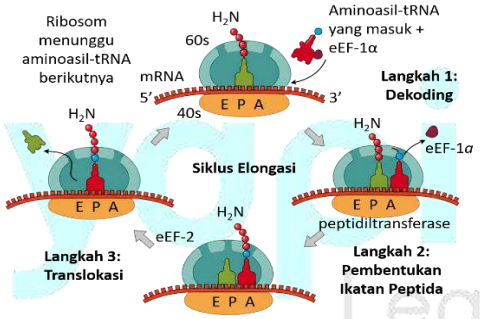
⇒ Transkripsi



Sumber: sukhpreet_gill/Quizlet dengan modifikasi

Transkripsi adalah proses pembentukan RNA dari cetakan DNA. Tahapannya meliputi inisiasi, elongasi, dan terminasi. Selain mRNA, terdapat tRNA dan rRNA yang berperan dalam translasi.

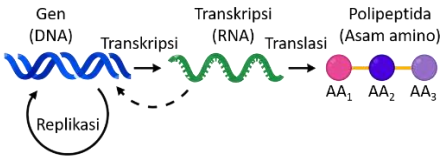
⇒ Translasi



Tahapan pemanjangan translasi. Setelah inisiasi, proses translasi melibatkan serangkaian tahapan pemanjangan yang berkelanjutan. Proses ini berlanjut hingga kodon berhenti ditemukan.
Sumber: The medical biochemistry page dengan modifikasi (2026)

Translasi adalah proses penerjemahan mRNA menjadi protein di ribosom dengan bantuan tRNA. Tahapannya meliputi inisiasi, elongasi, dan terminasi, dengan kodon mRNA menentukan urutan asam amino.

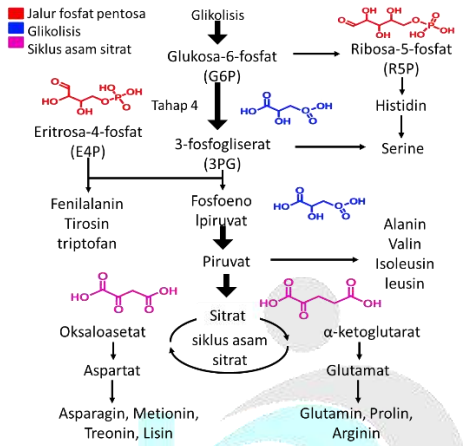
⇒ Penyimpangan dari Dogma Sentral



Sumber: N. Puspita/Roboguru Ruang guru dengan modifikasi

Dogma sentral menjelaskan aliran informasi genetik dari DNA → RNA → protein melalui replikasi, transkripsi, dan translasi. Namun, proses ini dapat memiliki pengecualian, seperti *reverse transcription, RNA editing*, dan peran RNA non-koding dalam regulasi gen.

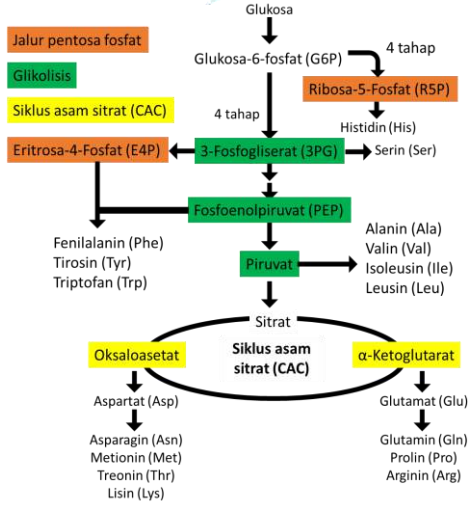
Sintesis Asam Amino



Sumber: Pillsmarch/Wikipedia Commons (CC BY 4.0)

Sintesis asam amino adalah proses pembentukan asam amino untuk protein dan biomolekul lain. Asam amino non-esensial dapat disintesis tubuh, sedangkan asam amino esensial harus diperoleh dari makanan.

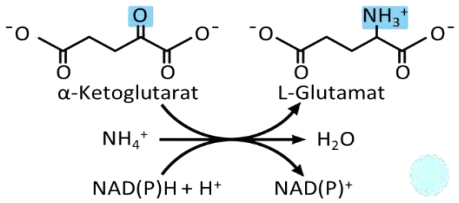
⇒ Jalur Biosintesis Berdasarkan Prekursor



Sumber: Sadia Naz., et al/Springer Nature Link dengan modifikasi (2023)

Prekursor	Hasil Biosintesis
α-Ketoglutarat	Glutamat, glutamin, prolin, arginin
Berperan dalam distribusi nitrogen dan transaminasi.	
Oksaloasetat	Aspartat, asparagin, metionin, treonin
Berperan dalam siklus urea dan sintesis nukleotida.	
Piruvat	Alanin, valin, leusin, isoleusin
Pada manusia, BCAA tidak disintesis dan harus diperoleh dari diet.	
3-Fosfogliserat	Serin, glisin, sistein
Berperan dalam metabolisme, sintesis fosfolipid, dan nukleotida.	

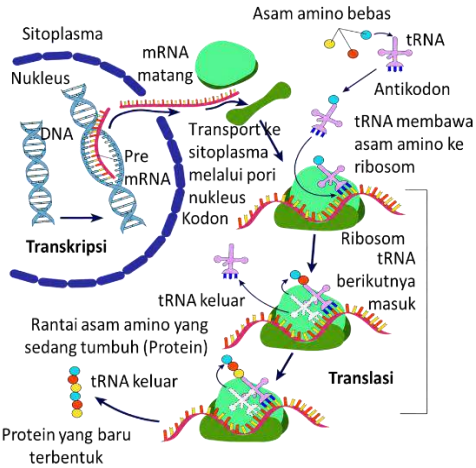
⇒ Mekanisme Reaksi dalam Sintesis Asam Amino



Sumber: Reason and Science dengan modifikasi

Sintesis asam amino melibatkan transaminasi, aminasi reduktif, dan reaksi enzimatik spesifik. Contoh pentingnya adalah pembentukan glutamat dari α-ketoglutarat oleh enzim glutamat dehidrogenase.

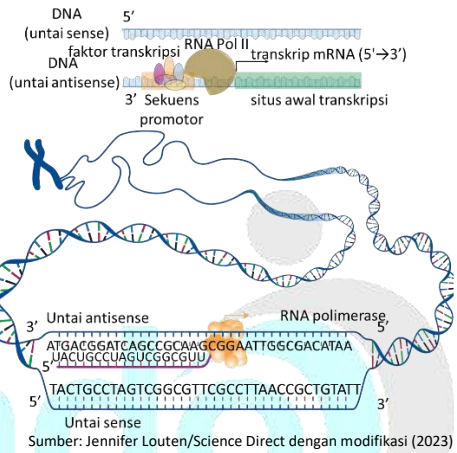
Proses Sintesis Protein



Sumber: Cancer biology research/Facebook dengan modifikasi (2025)

Sintesis protein adalah proses pembentukan protein berdasarkan informasi genetik DNA. Protein yang dihasilkan berfungsi sebagai enzim, penyusun struktur sel, hormon, dan komponen sistem imun. Proses ini berlangsung secara teratur dan akurat.

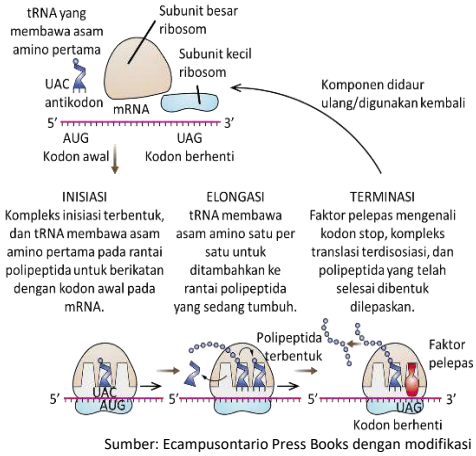
⇒ Transkripsi: Sintesis RNA dari DNA



Sumber: Jennifer Louten/Science Direct dengan modifikasi (2023)

Tahapan Transkripsi
1. Inisiasi: RNA polimerase berikatan dengan promoter dan membuka DNA cetakan.
2. Elongasi: RNA polimerase membentuk rantai mRNA komplementer.
3. Terminasi: Transkripsi berhenti saat mencapai sinyal terminasi.
4. Modifikasi pasca-transkripsi: mRNA mengalami 5′ cap, *poly-A tail*, dan *splicing*.

⇒ Translasi: Sintesis Protein dari mRNA

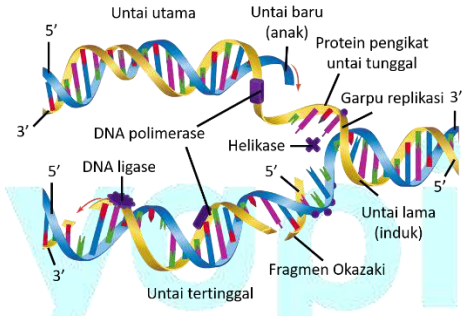


Sumber: Ecampusontario Press Books dengan modifikasi

Bagian Translasi
1. Pengertian translasi: Penerjemahan informasi genetik mRNA menjadi rantai polipeptida.
2. Komponen terlibat: mRNA, tRNA, ribosom, dan asam amino.
3. Inisiasi: Ribosom mengenali kodon awal AUG dan tRNA membawa metionin.
4. Elongasi: Ribosom membaca kodon, tRNA membawa asam amino, dan terbentuk ikatan peptida.
5. Terminasi: Translasi berhenti saat ribosom mencapai kodon stop.

6.13 METABOLISME ASAM NUKLEAT

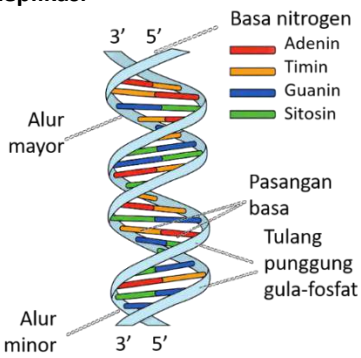
Replikasi DNA



Sumber: Richard J. Roberts/Britannica dengan modifikasi (2026)

Replikasi DNA adalah proses penggandaan materi genetik pada fase S sebelum pembelahan sel. Proses ini melibatkan berbagai enzim dan mekanisme proofreading untuk menghasilkan salinan DNA yang akurat.

⇒ **Struktur DNA dan prinsip dasar Replikasi**



Sumber: Khan Academy dengan modifikasi

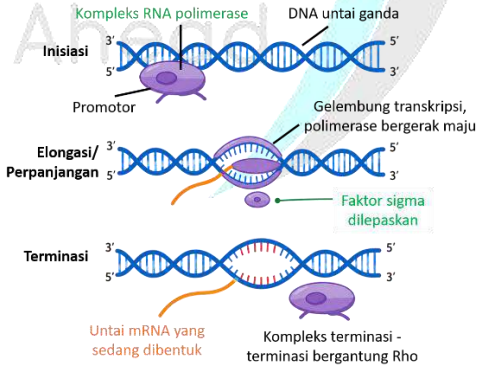
Komponen Penyusun DNA

Komponen Penyusun DNA
1. Nukleotida: Unit DNA yang tersusun atas basa nitrogen, gula deoksiribosa, & fosfat.
2. Basa nitrogen: Adenin (A), Timin (T), Guanin (G), dan Sitosin (C); berpasangan A-T dan G-C.
3. Gula deoksiribosa: Gula pentosa yang bersama fosfat membentuk kerangka DNA dan menentukan arah 5’ dan 3’.
4. Gugus fosfat: Menghubungkan nukleotida melalui ikatan fosfodiester membentuk tulang punggung DNA.

Prinsip Dasar Replikasi DNA

Prinsip Replikasi DNA
Semikonservatif: DNA baru terdiri dari satu untai lama dan satu untai baru.
Bidirectional: Replikasi dimulai dari origin dan berlangsung ke dua arah.
Semi-diskontinu: *Leading strand* kontinu, lagging strand terputus-putus membentuk fragmen Okazaki.
Komplementer dan spesifik: Basa baru dipasangkan sesuai untai induk.
Proofreading: DNA polimerase memperbaiki kesalahan dan mencegah mutasi.

⇒ **Tahapan replikasi DNA**



Sumber: Homework Study.com dengan modifikasi

Inisiasi *(Initiation)*

Bagian	
Pembukaan heliks DNA	Helikase memisahkan dua untai DNA membentuk *replication fork*.
Stabilisasi untai tunggal	Protein SSB menjaga untai DNA tetap terpisah.
Pengurangan tegangan heliks	Topoisomerase mengurangi tegangan DNA agar replikasi lancar.

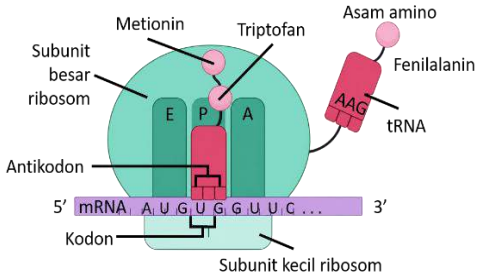
Elongasi (Pemanjangan)

Bagian	
Leading Strand	Sintesis DNA berlangsung kontinu.
DNA polimerase	Menambahkan nukleotida baru sesuai cetakan.
RNA primer	Titik awal sintesis DNA.
Lagging Strand	Sintesis putus membentuk fragmen Okazaki.
Fragmen Okazaki	Disambung oleh DNA ligase menjadi untai kontinu.
RNA primer	Diperlukan pada setiap fragmen Okazaki.

Terminasi *(Termination)*

Bagian	
Terminasi	Tahap akhir replikasi DNA.
Pertemuan replikasi	Replikasi berhenti saat dua garpu bertemu.
Proofreading dan perbaikan	DNA polimerase memperbaiki kesalahan basa.
Pentingnya perbaikan	Menjaga akurasi dan mencegah mutasi.
Hasil akhir	Terbentuk dua DNA identik semikonservatif.
Fungsi akhir	Mempertahankan dan mewariskan informasi genetik.

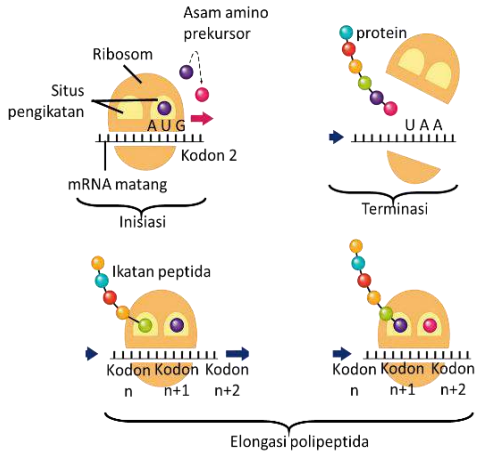
Translasi RNA



Sumber: Khan Academy dengan modifikasi

Translasi RNA adalah proses penerjemahan mRNA menjadi protein di ribosom dengan bantuan tRNA. Kodon mRNA dikenali oleh antikodon tRNA, lalu asam amino disusun menjadi rantai polipeptida. Proses ini penting untuk membentuk protein bagi struktur dan fungsi sel.

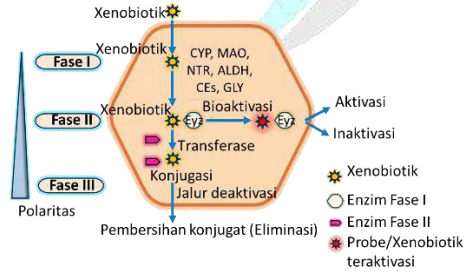
Tahapan Translasi RNA



Sumber: Maxicours dengan modifikasi

Tahapan Translasi RNA
1. Inisiasi: Ribosom mulai membaca mRNA. Kodon start AUG menandai awal translasi, tRNA membawa metionin, lalu subunit besar ribosom bergabung.
2. Elongasi: Asam amino ditambahkan satu per satu sesuai kodon mRNA. Ribosom bergerak ke kodon berikutnya sehingga rantai polipeptida semakin panjang.
3. Terminasi: Translasi berhenti saat ribosom mencapai kodon stop. Release factor memutus rantai polipeptida, lalu ribosom dan mRNA terlepas.

6.14 METABOLISME XENOBIOTIK



Sumber: Hajra Iqbal/Research Gate dengan modifikasi (2024)

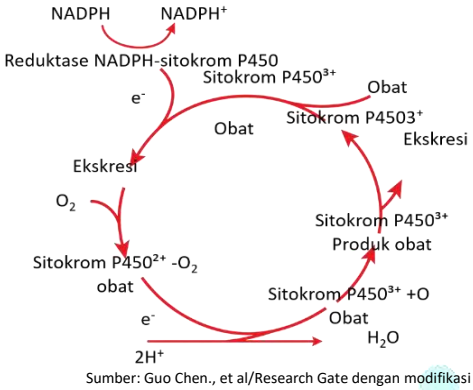
Metabolisme Xenobiotik Fase I

⇒ **Jenis Reaksi pada Fase I**

Jenis Reaksi Fase I
1. Oksidasi: Reaksi dominan yang menambahkan oksigen atau menghilangkan hidrogen sehingga mengubah struktur xenobiotik. Contohnya hidroksilasi, dealkilasi, deaminasi, dan desulfurisasi.
2. Reduksi: Terjadi pada kondisi rendah oksigen dengan penambahan elektron atau hidrogen.

	Reaksi ini mengubah gugus nitro menjadi amina serta aldehid atau keton menjadi alkohol, sehingga dapat mengubah aktivitas biologis senyawa.
3.	Hidrolisis: Memutus ikatan kimia dengan bantuan air sehingga menghasilkan senyawa lebih sederhana. Contohnya ester menjadi asam dan alkohol, serta amida menjadi asam dan amina.

⇒ Mekanisme Reaksi Fase I



Sumber: Guo Chen., et al/Research Gate dengan modifikasi

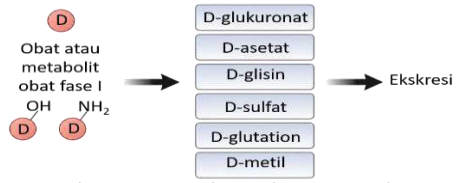
Reaksi fase I oleh enzim sitokrom $P450$ $(CYP450)$ diawali dengan pengikatan substrat xenobiotik pada sisi aktif enzim. Oksigen kemudian diaktifkan dengan bantuan elektron dari NADPH melalui sistem reduktase. Satu atom oksigen berikatan dengan substrat membentuk produk hidroksilasi (R–OH), sedangkan atom lainnya menjadi air.

Metabolisme Xenobiotik Fase II

⇒ Jenis Senyawa Endogen dan Perannya

Senyawa Endogen	
Asam glukuronat	Membentuk glukuronida yang larut air dan dominan dalam metabolisme obat.
Sulfat	Meningkatkan ekskresi senyawa kecil, seperti fenol.
Glutation (GSH)	Mendetoksifikasi zat reaktif dan melindungi sel dari kerusakan oksidatif.
Asam amino	Menetralkan senyawa tertentu, terutama asam organik.
Gugus metil/asetil	Mengubah aktivitas biologis senyawa tanpa selalu meningkatkan kelarutan.

⇒ Mekanisme Konjugasi pada Fase II



Reaksi Konjugasi. Dalam reaksi ini, suatu obat (ditunjukkan sebagai D) atau metabolit obat (ditunjukkan sebagai D-OH dan D-NH_2) dikonjugasikan dengan suatu gugus endogen.

Sumber: Basic Medical Key dengan modifikasi

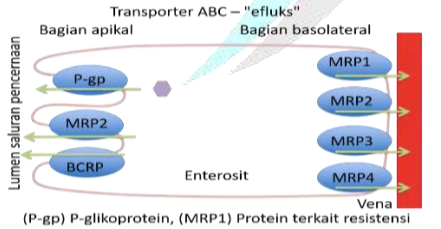
Reaksi konjugasi fase II adalah penggabungan xenobiotik atau metabolitnya dengan molekul endogen melalui ikatan kovalen untuk menetralkan zat asing secara kimiawi.

Metabolisme Xenobiotik Fase III

⇒ Jenis Metabolisme Xenobiotik Fase III

Karakteristik Fase III
1. Melibatkan transporter membran: Transporter mengarahkan xenobiotik ke jalur ekskresi.
2. Bersifat aktif: Memerlukan energi ATP untuk transport.
3. Terjadi setelah fase II: Umumnya mengikuti fase II, tetapi tidak selalu.
4. Mengeluarkan senyawa hidrofilik: Membantu ekskresi senyawa polar dari sel.
5. Melindungi sel: Mencegah penumpukan metabolit berbahaya.

⇒ Mekanisme Fase III



(P-gp) P-glikoprotein, (MRP1) Protein terkait resistensi multidrug 1, (MRP2) Protein terkait resistensi multidrug 2, (MRP3) Protein terkait resistensi multidrug 3, (MRP4) Protein terkait resistensi multidrug 4, (MRP5) Protein terkait resistensi multidrug 5, (BCRP) *Breast Cancer Resistance Protein*

Sumber: Jean Philippe/ Oliver Thual dengan modisikasi

Pada fase III, xenobiotik hasil konjugasi fase II dikeluarkan dari sel oleh transporter ABC seperti MRP dan P-gp menggunakan energi ATP. Beberapa konjugat, seperti glutation, dapat dimetabolisme lagi menjadi bentuk yang lebih stabil dan mudah diekskresikan.

MIKROBIOLOGI FARMASI

7.1 DEFINISI & RUANG LINGKUP MIKROBIOLOGI FARMASI

Sejarah Perkembangan

Anthony Van Leeuwnhoek (1632-1723)



Robert Hooke (1644)

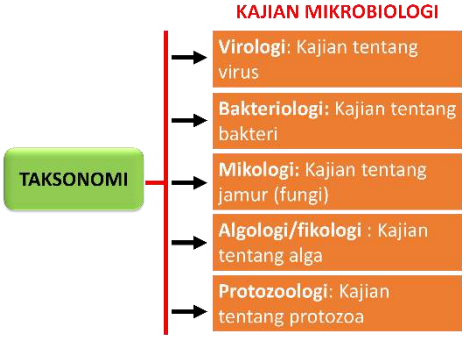


Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Perubahan besar terjadi pada abad ke-17 saat *Antonie van Leeuwenhoek* berhasil mengamati mikroorganisme pertama kali menggunakan mikroskop sederhana, sementara *Robert Hooke* memperkenalkan istilah "sel".

Memasuki era modern, penemuan antibiotik oleh *Alexander Fleming* dan berkembangnya biologi molekuler seperti DNA, PCR, serta bioteknologi semakin memperluas peran mikrobiologi dalam bidang kesehatan dan industri.

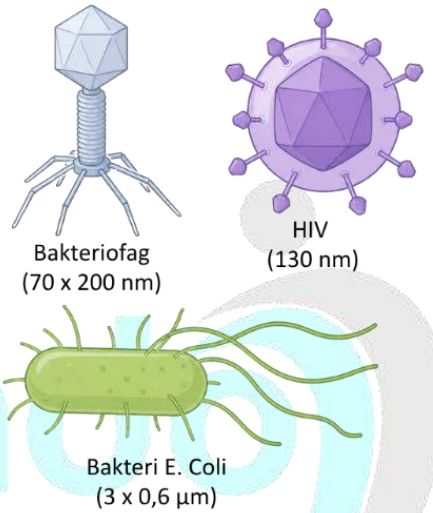
Ruang Lingkup Mikrobiologi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Ruang lingkup mikrobiologi mencakup kajian yang sangat luas terhadap mikroorganisme, meliputi jenis, struktur, fungsi, peranan, hingga penerapannya dalam berbagai bidang. Selain itu, mikrobiologi juga mengkaji peranan mikroorganisme dalam kehidupan, baik yang menguntungkan seperti dalam proses fermentasi, produksi antibiotik, dan bioteknologi, maupun yang merugikan sebagai penyebab penyakit.

Definisi Mikroba



Sumber: University of Utah, dengan modifikasi

Mikroba (mikroorganisme) adalah makhluk hidup berukuran sangat kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, melainkan harus menggunakan mikroskop. Mikroba umumnya bersifat uniseluler (bersel satu), meskipun ada juga yang multiseluler sederhana seperti beberapa jenis jamur. Kelompok mikroba meliputi bakteri, virus, jamur (fungi), protozoa, dan alga mikroskopis.

Penggolongan Mikroba

Berdasarkan Tipe Sel	
Prokariotik	Tidak memiliki membran inti (nukleus), struktur sederhana, dan ukuran kecil **Contoh:** Bakteri dan Sianobakteri (alga hijau-biru)
Eukariotik	Memiliki inti sel sejati, struktur lebih kompleks **Contoh:** Jamur (fungi), protozoa, dan alga

Berdasarkan Jenis Mikroorganisme	
Bakteri	Uniseluler, prokariotik, Bentuk: kokus, basil, spiral **Contoh:** Escherichia coli
Virus	Bukan sel (aseluler), hanya hidup dalam sel inang **Contoh:** SARS-CoV-2
Jamur	Termasuk sel Eukariotik, bisa uniseluler (ragi) atau multiseluler (kapang) **Contoh:** Aspergillus fumigatus
Protozoa	Organisme eukariotik bersel satu (uniseluler) **Contoh:** Amuba, Giardia

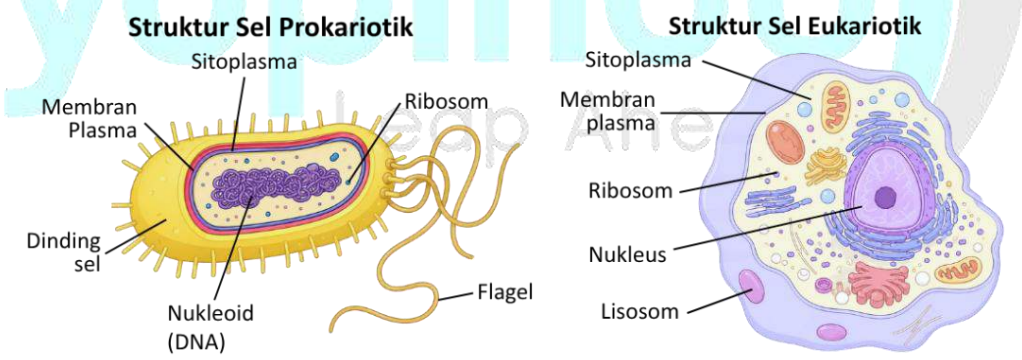
Keterkaitan Mikrobiologi Farmasi

Keterkaitan mikrobiologi dalam ilmu kefarmasian sangat erat karena banyak aspek farmasi mulai dari penemuan obat, produksi, hingga keamanan pasien bergantung pada pemahaman mikroorganisme.

Manfaat Mikroba Untuk Kepentingan dan Kesejahteraan Umat Manusia	
Bidang Pertanian	Seperti peningkatan kesuburan tanah melalui fiksasi N2, siklus nutrien, peternakan hewan;
Bidang Makanan dan Industri	Seperti metode pengawetan makanan, metode fermentasi makanan, dan penemuan makanan tambahan;
Bidang Kesehatan	Seperti identifikasi penyakit baru, obat dan pengobatan, pencegahan penyakit; vaksinasi, imunisasi, kemoterapi;
Bidang Lingkungan dan Energi	Seperti ditemukannya bahan bakar hayati (metanol dan etanol), bioremediasi, pertambangan;
Bidang Bioteknologi	Seperti modifikasi mikroorganisme secara genetik, produk farmasi, terapi gen untuk penyakit tertentu; produksi antibodi monoklonal dan sebagainya.

7.2 BAKTERI

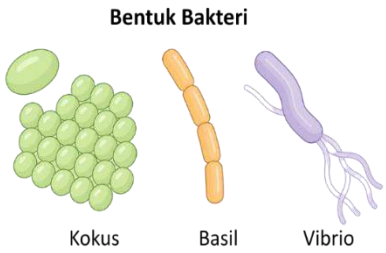
Sel Prokariotik & Eukariotik



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Aspek	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Definisi	Sel tanpa membrane inti sejati	Sel dengan membrane inti sejari
Ukuran	Kecil (±0,5–5 µm)	Lebih besar (±10–100 µm)
Inti sel	Tidak ada (nukleoid)	Ada (nukleus)
DNA	Sirkular, tanpa histon	Linear, dengan histon
Jumlah kromosom	Umumnya 1	Lebih dari 1
Organel bermembran	Tidak ada	Ada (mitokondria, RE, Golgi)
Ribosom	70S	80S
Dinding sel	Umumnya ada (peptidoglikan)	Ada/tidak (kitin pada jamur, selulosa pada tumbuhan)
Reproduksi	Pembelahan biner	Mitosis & meiosis
Contoh organisme	Bakteri (Escherichia coli)	Jamur, hewan, tumbuhan
Flagela	Sederhana	Kompleks (9+2 mikrotubulus)

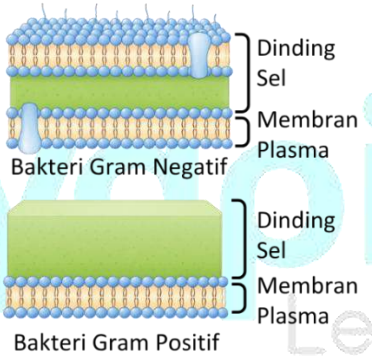
Morfologi Bakteri



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Morfologi bakteri adalah ilmu yang mempelajari bentuk, ukuran, dan susunan (arrangement) sel bakteri, serta struktur luar yang menyertainya. Pemahaman ini penting untuk identifikasi bakteri di laboratorium.

Struktur Dinding Sel Bakteri

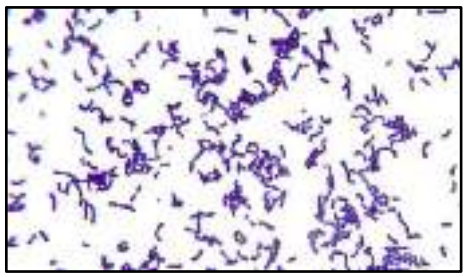


Sumber: Designua/Shutterstock, dengan modifikasi

Struktur dinding sel bakteri adalah lapisan pelindung yang berada di luar membran sel dan sangat penting untuk menjaga bentuk, kekuatan, serta melindungi bakteri dari tekanan lingkungan. Komponen utamanya adalah peptidoglikan (murein).

Jenis Bakteri

Bakteri Gram Positif

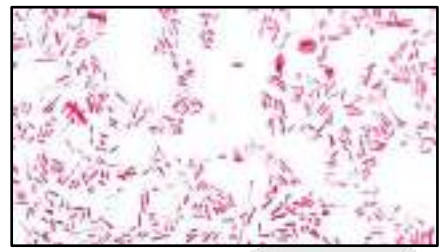


Sumber: Bioninja, dengan modifikasi

Dengan pewarnaan gram, golongan bakteri ini akan memberikan warna ungu. Golongan ini memiliki peptidoglikan setebal 20-80 nm dengan komposisi terbesar *teichoic*, *asam teichuroni*, dan berbagai macam polisakarida.

Selain itu, golongan ini memiliki 40 lembar peptidoglikan pada dinding selnya, yang merupakan 50% dari seluruh komponen penyusun dinding sel.

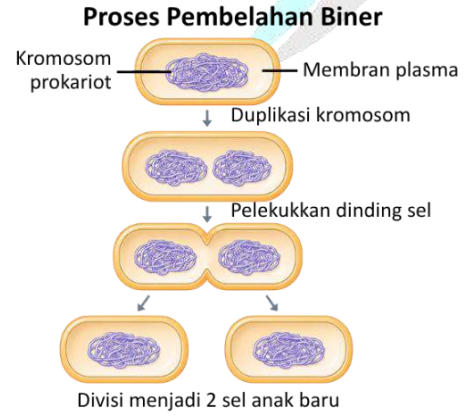
Bakteri Gram Negatif



Sumber: Bioninja, dengan modifikasi

Golongan ini memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis (5-10 nm) dengan komposisi utama: lipoprotein, membran luar dan lipopolisakarida. Membran luar pada gram negatif juga memiliki sifat hidrofilik, namun komponen lipid pada dinding selnya justru memberikan sifat hidrofobik.

Proses Reproduksi Bakteri



Sumber: Pearson Education, dengan modifikasi

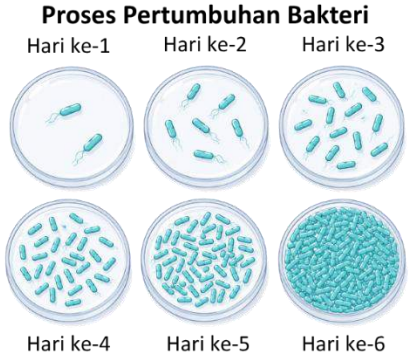
Reproduksi bakteri adalah proses perbanyakan diri yang umumnya terjadi secara aseksual melalui pembelahan biner, menghasilkan dua sel anak yang identik secara genetik.

Tahapan Pembelahan Biner

1. Replikasi DNA
2. Pemanjangan Sel
3. Pembentukan Septum
4. Pemisahan Sel

7.3 PERTUMBUHAN BAKTERI

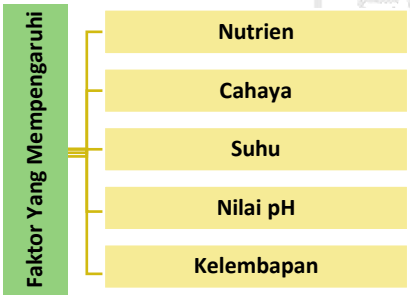
Definisi



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pertumbuhan bakteri adalah proses bertambahnya jumlah sel bakteri melalui pembelahan sel (umumnya pembelahan biner), bukan sekadar membesarnya ukuran sel.

Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan Bakteri

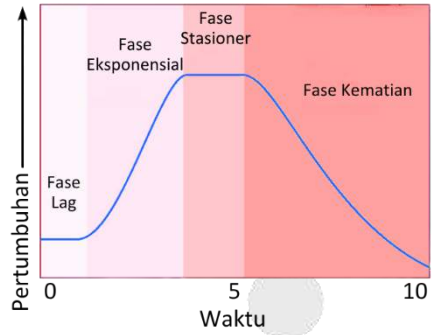


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan mikroba tersebut terbagi menjadi tiga kelompok besar, yait:

1. **Faktor Fisika:** Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan mikroba adalah memengaruhi laju reaksi enzimatis dan kimia di dalam sel.
2. **Faktor Kimia:** Faktor kimia yang memengaruhi mikroorganisme adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai bahan makanan dan senyawa kimia yang bersifat racun bagi bakteri.
3. **Faktor Biologi:** Faktor biologi juga dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri, misalnya adalah peristiwa sinergisme mikroba atau antagonisme mikroba.

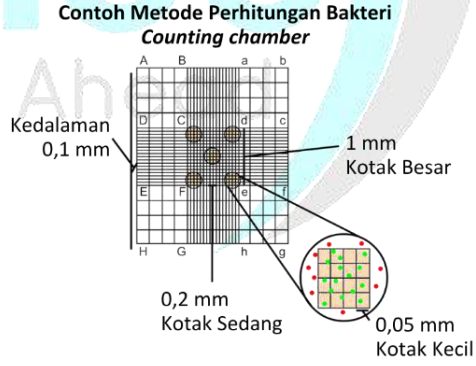
Fase Pertumbuhan Bakteri



Sumber: Generasi Biologi Indonesia, dengan modifikasi

Pertumbuhan mikroorganisme dapat dibagi menjadi empat fase, yaitu fase lag, fase log, fase stasioner, dan fase kematian.

Metode Pengukuran Bakteri



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Untuk mengetahui perkembangan atau pertumbuhan suatu bakteri membutuhkan pembuatan media dengan metode perhitungan bakteri yang ada dalam media. Ada banyaknya metode yang digunakan dalam menghitung jumlah bakteri secara kuantitatif dari suatu populasi bakteri. Penen tuan jumlah angka mikroorganisme sangat penting dilakukan untuk menetapkan keamanan suatu sediaan farmasi dan makanan.

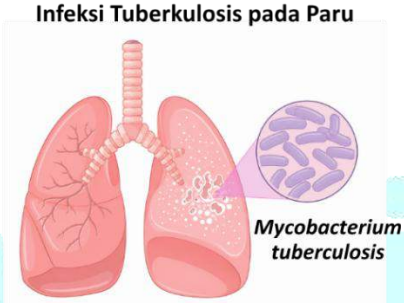
Tabel Perbandingan metode pengukuran bakteri

Metode	Prinsip	Hasil	Kelebihan	Kekurangan
Mikrometer (okuler–objek)	Mengukur langsung ukuran sel dengan mikroskop	m (ukuran sel)	Akurat untuk ukuran	Tidak menghitung jumlah
Counting chamber (hemositometer)	Hitung sel langsung di bawah mikroskop	Jumlah sel total	Cepat, sederhana	Tidak bedakan hidup/mati
Turbidimetri (Spektrofotometri, OD600)	Kekeruhan sebanding jumlah sel	*Optical Density* (OD)	Cepat, bisa monitoring pertumbuhan	Tidak spesifik sel hidup
Total Plate Count (TPC)	Hitung koloni pada media agar	CFU/mL	Hanya sel hidup (viable)	Lama (butuh inkubasi)
Gravimetri (berat kering)	Menimbang massa sel	mg atau g	Cocok skala besar	Tidak spesifik jumlah sel

7.4 BAKTERI PATOGEN

Infeksi Oleh Bakteri

Infeksi Tuberkulosis pada Paru

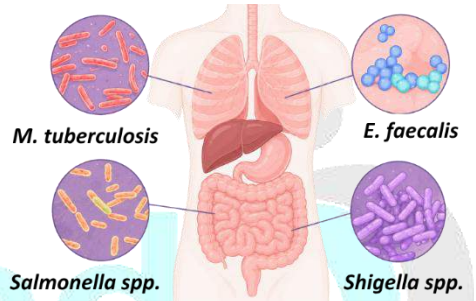


Sumber: Advocatehealth, dengan modifikasi

Infeksi oleh bakteri adalah kondisi ketika bakteri patogen masuk ke dalam tubuh, berkembang biak, lau menimbulkan gangguan fungsi jaringan atau organ. Tidak semua bakteri berbahaya, banyak yang justru normal di tubuh (flora normal). Infeksi terjadi ketika keseimbangan terganggu atau bakteri patogen berhasil menginvasi.

Tahap Infeksi Bakteri	
Paparan	Bakteri masuk melalui udara, makanan, air, luka, atau kontak langsung.
Adhesi	Bakteri menempel pada sel tubuh menggunakan struktur seperti pili atau fimbriae.
Invasi	Bakteri menembus jaringan dan mulai berkembang biak.
Kolonisasi	Bakteri memperbanyak diri dan membentuk populasi.
Produksi Toksin	Bakteri menghasilkan racun (toksin) atau memicu respon imun berlebihan yang menyebabkan gejala penyakit.

Bakteri Penyebab Penyakit



Sumber: Science Photo Library/Alamy, dengan modifikasi

Penyakit	Bakteri	Ciri Khas
Tuberkulosis	*M. tb*	batuk >2 minggu
Demam tifoid	*S. typhi*	demam step ladder
Kolera	*V. cholerae*	diare air cucian beras
Infeksi *S. aureus*	*S. aureus*	Nanah atau abses

Pengendalian Bakteri



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

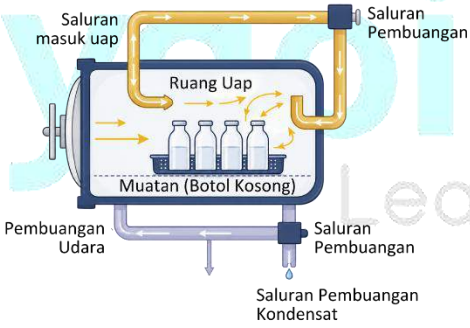
Desinfektan tingkat rendah dapat dibagi menjadi 2 golongan:

1. **Golongan pertama** yaitu desinfektan yang tidak membunuh virus HIV dan Hepatitis B, contohnya yaitu: Klorhexidine (Hibitane, Savlon), Cetrimide (Cetavlon, Savlon) dan Fenol-fenol (Dettol).
2. **Golongan kedua** yaitu desinfektan yang membunuh Virus HIV dan Hepatistis B. Desinfektan golongan kedua yaitu golongan desinfektan yang melepaskan klorin, contohnya: Natrium hipoklorit (pemutih, eau de javel), Kloramin (Natrium tosilkloramid, Kloramin T).

Desinfektan golongan aldehid meliputi formaldehid (formalin), glutaraldehid (cidex). Berguna untuk mensterilkan vaksin kuman dan untuk menginaktifkan toksin kuman tanpa memengaruhi sifat antigenitasnya.

Metode Pengendalian

Sterilisasi Uap Panas (Autoklaf)



Sumber: GMP Insiders, dengan modifikasi

Pengendalian Secara Fisika

Prosedur Sterilisasi melibatkan penggunaan panas, radiasi atau bahan kimia, dan juga penghancuran sel secara fisika adalah sebagai berikut:

- Suhu Tinggi
- Suhu Rendah
- Pengeringan
- Tekanan osmosis
- Radiasi
- Filtrasi

Pengendalian Secara Kimia

Penggunaan bahan kimia untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroorganisme.

- **Antimikroba:** Antimikroba adalah zat kimia yang membunuh atau menghambat pertumbuhan mikroorganisme.
- **Antisepti:** Antiseptik cukup berbahaya jika digunakan pada kulit dan selaput lendir, dan tidak boleh digunakan secara internal.
- **Pengawet.** Merupakan bahan statis yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikro organisme, dan paling sering digunakan dalam makanan.

7.5 ANTIBIOTIK

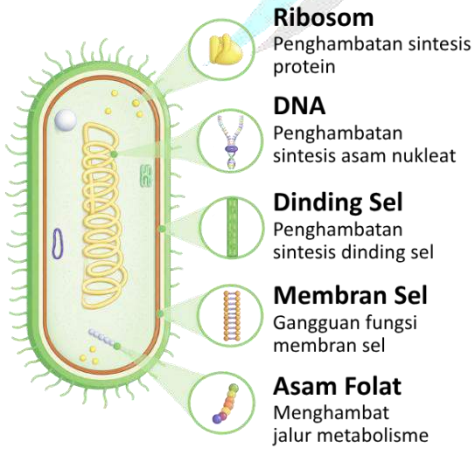
Definisi

Antibiotik adalah zat yang dihasilkan oleh suatu mikroba, terutama fungi, yang dapat menghambat mikroba jenis lain. Beberapa diantaranya:

Antibiotik	Contoh
Aminoglikosida	Kantrex dan Mycrifradin
Sefalosporin	Sefadrin dan Sefadroksil
Kloramfenikol	Chloromycetin dan Mychel
Eritromisin	Pedamycin dan Robimycin
Penisilin	Ampisilin dan Amoxicillin
Tetrasiklin	Terramycin dan Tetrasiklin

Antimikroba khususnya antibiotika digolongkan dalam beberapa golongan, yaitu berdasarkan spektrum, struktur kimia, aksi utama, tempat kerja, dan mekanisme kerjanya.

Mekanisme Antibiotik



Sumber: Microbiology MCB 2010, dengan modifikasi

Berdasarkan Tempat Kerjanya:

a. **Dinding sel,** menghambat biosintesis peptidoglikan.

Contoh: penisilin, sefalosporin, basitrasin, vankomisin, sikloserin.

b. **Membran sel,** fungsi dan integritas membran sel.
Contoh: nistatin, amfoteresin, polimiksin B.

c. **Asam Nukleat,** menghambat biosintesis DNA, mRNA.
Contoh: mitomisin C, rifampisin, griseofilvin.

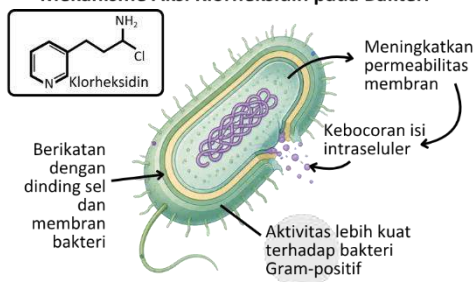
d. **Ribosom,** menghambat biosintesis protein.
Contoh: aminosiklitol, tetrasiklin, amfenikol, makrolida, linkosamida.

Berdasarkan Mekanisme Kerjanya:

a. Antimikroba yang Menghambat Metabolisme Sel Mikroba.
b. Antimikroba yang Menghambat Sintesis Dinding Sel Mikroba.
c. Antimikroba yang Menghambat Sintesis Protein Sel Mikroba. Sel
d. Antimikroba yang Menghambat Sintesis Asam Nukleat Sel Mikroba.
e. Antimikroba yang Mengganggu Keutuhan Membran Sel Mikroba.

7.6 ANTISEPTIK, DESINFEKTAN & ZAT PENGAWET

Mekanisme Aksi Klorheksidin pada Bakteri



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Tabel Perbedaan Antiseptik, Desinfektan dan Zat Pengawet

Aspek	Antiseptik	Desinfektan	Zat Pengawet
Pengertian	Zat kimia untuk membunuh/menghambat mikroba pada jaringan hidup	Zat kimia untuk membunuh mikroba pada benda mati	Zat untuk mencegah pertumbuhan mikroba agar produk tidak rusak
Target	Kulit, luka, mukosa	Alat, permukaan, lantai	Makanan, obat, kosmetik
Sifat	Lebih aman & tidak toksik	Lebih kuat & toksik	Tidak selalu membunuh, lebih ke menghambat
Tujuan	Mencegah infeksi	Sterilisasi/desinfeksi	Memperpanjang umur simpan
Spektrum	Umumnya luas, tapi lebih ringan	Luas & lebih kuat	Terbatas (tergantung jenis)
Contoh	Alkohol 70%, povidon iodin, klorheksidin	Natrium hipoklorit, formaldehid, fenol	Natrium benzoat, paraben, asam sorbat
Contoh Penggunaan	Luka, cuci tangan	Lantai RS, alat medis	Sirup, makanan, kosmetik

Klasifikasi Zat Biosidal

Klasifikasi zat biosidal (*biocides*) dalam konteks farmasi industri biasanya didasarkan pada mekanisme kerja, spektrum aktivitas, dan penggunaannya (terutama untuk sanitasi, disinfeksi, dan preservasi). Ini penting dalam CPOB untuk kontrol kontaminasi. Klasifikasi Zat Biosidal Berdasarkan Kelompok

- **Kelompok 1:** Disinfektan dan produk biosidal umum
- **Kelompok 2:** Produk pengawet
- **Kelompok 3:** Pengendalian hama
- **Kelompok 4:** Produk antifouling, cairan pembalseman dan taxidermist

7.7 CARA ISOLASI MIKROBA

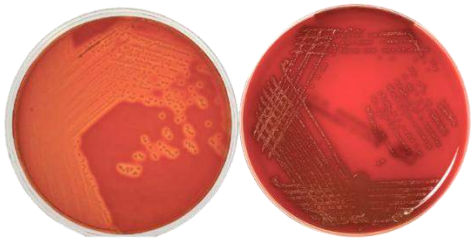
Media Tumbuh Mikroba

Medium dipergunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan, untuk isolasi, pengujian sifat-sifat fisiologi dan guna memproduksi metabolit sekunder.

Dalam pembuatan medium harus memenuhi syarat-syarat yaitu medium harus memenuhi semua kebutuhan nutrien yang mudah digunakan oleh mikroorganisme, tidak mengandung zat penghambat pertumbuhan, medium harus steril dan harus memiliki tekanan osmose, pH dan lain-lain yang sesuai.

Media Pertumbuhan Bakteri

Contoh Media Kultur Bakteri



Sumber: Microbe Notes (2022), dengan modifikasi

Media Umum (Basal)

Contoh	Nutrient Agar (NA), Nutrient Broth (NB)
Komposisi	Pepton, ekstrak daging
Fungsi	Menumbuhkan bakteri non-fastidious
Ciri Khas	Tidak selektif

Media Diperkaya (*Encriched*)

Contoh	Blood Agar, Chocolate Agar
Komposisi	+ darah/serum
Fungsi	Bakteri fastidious
Ciri Khas	Hemolisis (α, β, γ)

Media Selektif

Contoh	MacConkey Agar, Mannitol Salt Agar (MSA)
Komposisi	Menghambat bakteri tertentu
Fungsi	Seleksi jenis bakteri
Ciri Khas	Garam tinggi / empedu

Media Diferensial

Contoh	MacConkey Agar, EMB Agar
Komposisi	Indikator pH
Fungsi	Bedakan berdasarkan metabolisme
Ciri Khas	Perubahan warna koloni

Media Transport

Contoh	Stuart, Amies
Komposisi	Nutrisi minimal
Fungsi	Menjaga viabilitas
Ciri Khas	Tidak untuk pertumbuhan

Media Anaerob

Contoh	Thioglycollate broth
Komposisi	Reducing agent
Fungsi	Bakteri anaerob
Ciri Khas	Gradien O_2

Media Uji Biokimia

Contoh	TSIA, SIM, Urea agar
Komposisi	Substrat spesifik
Fungsi	Identifikasi bakteri
Ciri Khas	Reaksi warna/gas

Media Pertumbuhan Jamur

Contoh Media Kultur Jamur



Sumber: Microbe Notes (2022), dengan modifikasi

Sabouraud Dextrose Agar (SDA)

Komposisi utama	Dextrose + pepton, pH asam (~5,6)
Fungsi	Isolasi jamur & ragi
Karakteristik	Menghambat bakteri, umum dipakai

Corn Meal Agar (CMA)

Komposisi utama	Ekstrak kentang + dextrose
Fungsi	Pertumbuhan & sporulasi jamur
Karakteristik	Baik untuk jamur lingkungan

Czapek-Doz Agar (CZA)

Komposisi utama	Sukrosa + $NaNO_3$
Fungsi	Jamur tertentu (misal *Aspergillus*)
Karakteristik	Sumber N anorganik

Malt Extract Agar (MEA)

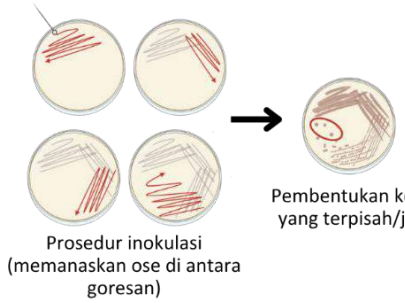
Komposisi utama	Ekstrak malt
Fungsi	Isolasi & pemeliharaan jamur
Karakteristik	Nutrisi tinggi

CHROM Agar Candida

Komposisi utama	Media kromogenik
Fungsi	Identifikasi Candida
Karakteristik	Warna koloni berbeda

Isolasi Bakteri Metode Plat

Streak Plate (Metode Gores)

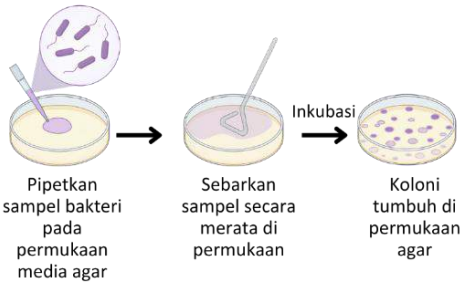


Sumber: Microbe Notes (2025), dengan modifikasi

Teknik dasar dalam mikrobiologi untuk mengisolasi mikroorganisme (seperti bakteri atau jamur) dari kultur campuran menjadi koloni murni.

- Prinsip: Penggoresan bertahap
- Kelebihan: Mudah dan murah
- Kekurangan: Tidak kuantitatif
- Hasil: Koloni Terpisah

Spread Plate (Metode Sebar)

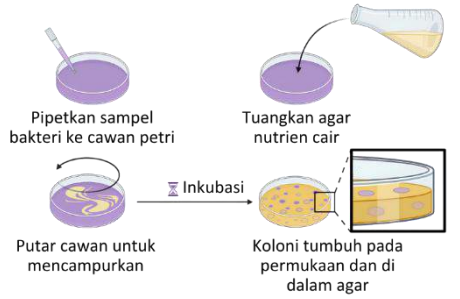


Sumber: Microbe Notes (2022), dengan modifikasi

Metode ini dilakukan dengan menginokulasikan suspensi bahan yang mengandung bakteri dengan bantuan mikropipet untuk disemprotkan ke dalam medium.

- Prinsip: Sebar di permukaan
- Kelebihan: Distribusi merata
- Kekurangan: Perlu sampel cair
- Hasil: Koloni di permukaan

Pour Plate (Metode Tuang)



Sumber: Microbe Notes (2022), dengan modifikasi

Metode isolasi bakteri dengan cara menginokulasikan suspensi bahan yang mengandung bakteri ke atas medium agar lalu diratakan dengan menggunakan trigalski.

- Prinsip: Campur dengan agar
- Kelebihan: Bisa hitung koloni (CFU)
- Kekurangan: Panas bisa merusak
- Hasil: Koloni dalam & permukaan

Perbandingan Isolasi Bakteri Obat, Makanan, dan Kosmetik

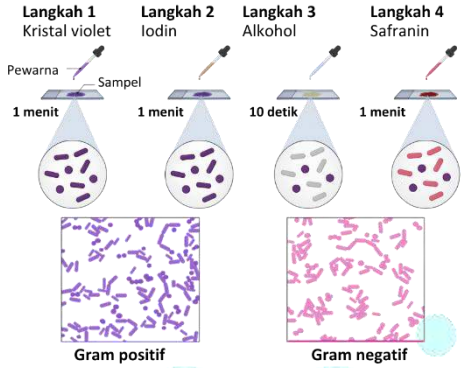
Sampel	Preparasi	Media	Tujuan	Ciri Khas
Obat	• Larutkan/homogenkan obat dalam pelarut steril • Lakukan pengenceran seri • Tanam dengan metode spread/pour plate • Inkubasi • Hitung koloni (CFU/ml atau CFU/g)	NA, MacConkey	Uji cemaran	Ada batas mikroba
Makanan	• Timbang sampel → homogenisasi (stomacher/blender) • Pengenceran bertingkat • Tanam (spread/pour plate) • Inkubasi • Hitung koloni & identifikasi	Selektif (SS, MacConkey)	Keamanan pangan	Fokus patogen
Kosmetik	• Ambil sampel (krim/lotion) → homogenisasi • Tambahkan neutralizer (menonaktifkan pengawet) • Pengenceran seri • Inkubasi • Identifikasi koloni	NA, SDA	Uji cemaran	Netralisasi pengawet

7.8 IDENTIFIKASI BAKTERI

Teknik Pewarnaan Dinding Sel

Pewarnaan bakteri merupakan salah satu cara identifikasi bakteri. Perwarnaan bakteri dilakukan untuk mempelajari morfologi, struktur, dan sifat–sifat kuman (bakteri). Zat warna pada pewarnaan bakteri akan bergabung secara kimiawi dengan protoplasma bakteri

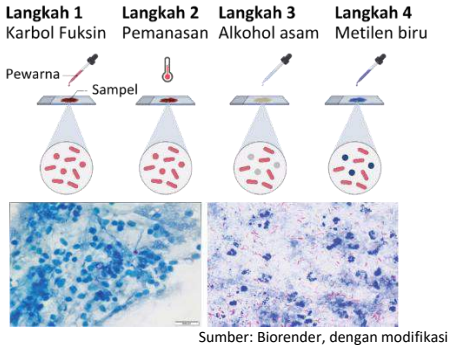
Pewarnaan Gram



Sumber: Microbe Notes (2025), dengan modifikasi

- Prinsip: Ketebalan peptidoglikan
- Target: Semua bakteri
- Warna (+): Ungu
- Warna (-): Merah/merah muda
- Contoh: *Staphylococcus* (Gram +), *E. coli* (Gram −)
- Kegunaan: Identifikasi awal

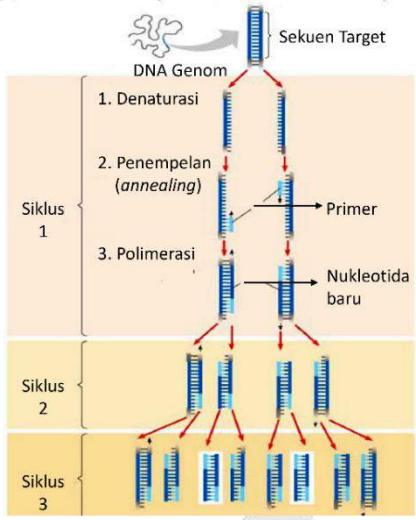
Pewarnaan *Ziehl-Neelsen*



Sumber: Biorender, dengan modifikasi

- Prinsip: Kandungan asam mikolat
- Target: Bakteri tahan asam
- Warna (+): Merah
- Warna (-): Biru
- Contoh: *Mycobacterium*
- Kegunaan: Diagnosis TB

Metode PCR



Sumber: Researchgate/LaboratoryInfo, (2019), dengan modifikasi

Polymerase Chain Reaction (PCR) atau reaksi berantai polimerase adalah metode enzimatis untuk melipat-gandakan (amplification) secara eksponensial suatu sekuen nukleotida tertentu secara in vitro.

Target: DNA bakteri

- Gen 16S rRNA → identifikasi bakteri secara umum
- Gen spesifik patogen (misal toksin, virulensi)

Tahapan:

PCR bekerja melalui siklus berulang:

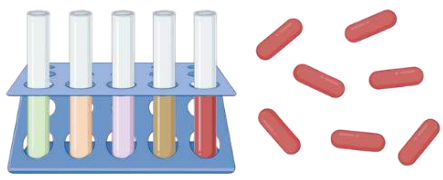
1. Denaturasi ($\pm 94–95°C$) → DNA terpisah jadi dua untai
2. Annealing ($\pm 50–65°C$) → primer menempel pada DNA target
3. Ekstensi ($\pm 72°C$) → DNA diperbanyak oleh enzim *Taq polymerase*
4. Diulang 25–40 siklus → DNA target menjadi jutaan kopi

Keunggulan: Cepat, sensitif, spesifik

Kekurangan: Mahal, butuh alat khusus

Metode Reaksi Biokimia

Uji Biokimia Bacillus Cereus



Sumber: Microbe Notes (2025), dengan modifikasi

Uji	Prinsip	Hasil (+)	Contoh Bakteri
Indole	Triptofan→indole	Merah	E. coli
MR	Asam kuat	Merah	E. coli
VP	Asetoin	Pink	Enterobacter
Citrate	Pakai sitrat	Biru	Enterobacter
TSI	Mengidentifikasi fermentasi gula & produksi H_2S • Kuning → fermentasi gula • Merah → tidak fermentasi • Hitam → produksi H_2S • Retakan → gas	Kuning/ Hitam/Gas	Enterik
Katalase	Enzim katalase memecah H_2O_2 → gelembung Positif → ada gelembung	Gelembung	Staphylococcus
Oksidase	Sitokrom oksidase	Ungu	Pseudomonas
Urease	Urea → NH_3	Pink	Proteus

Tabel Identifikasi Bakteri Dengan Reaksi Biokimia

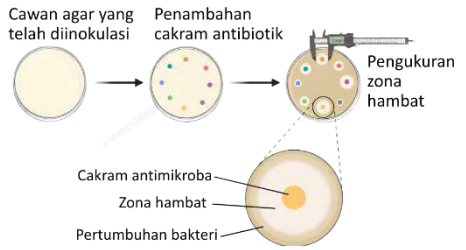
Bakteri	Gram	Bentuk	Laktosa	IMViC	TSI	H_2S	Motilitas	Urease	Oksidase
E. Coli	-	Basil	+	++--	A/A + gas	-	+	-	-
Salmonella	-	Basil	-	-+-+	K/A	+	+	-	-
Shigella	-	Basil	-	-+-+	K/A	-	-	-	-
Klebsiella	-	Basil	+	--++	A/A	-	-	+	-
Proteus	-	Basil	-	-+-+	K/A	+	+ (swarming)	+	-
Pseudomonas aeruginosa	-	Basil	-	—	K/K	-	+	-	+
S. aureus	-	Basil	—	—	—	—	-	-	-
Streptococcus	-	Basil	—	—	—	—	-	-	-

7.9 UJI AKTIVITAS SENYAWA ANTIMIKROBA

Metode Difusi

Metode difusi adalah teknik untuk menilai kemampuan suatu zat antimikroba (antibiotik/ekstrak) menghambat pertumbuhan mikroba dengan melihat zona hambat yang terbentuk akibat difusi zat ke dalam media agar.

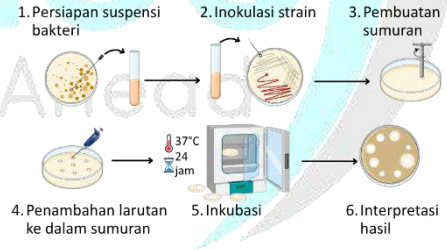
Metode Cakram



Sumber: Microbe Notes (2022), dengan modifikasi

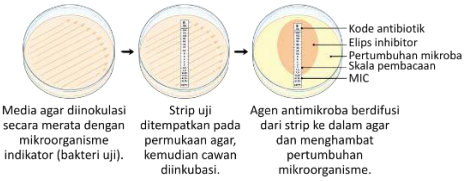
- Prinsip: Difusi dari disk
- Hasil: Zona hambat (mm)
- Kelebihan: Standar, mudah
- Kekurangan: tidak dapat MIC

Metode Sumuran



- Prinsip: Difusi dari cairan
- Hasil: Zona hambat
- Kelebihan: Cocok ekstrak
- Kekurangan: Variasi tinggi

Metode E-Test

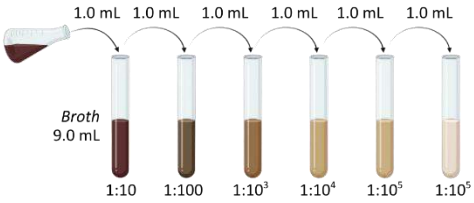


- Prinsip: Gradien konsentrasi
- Hasil: MIC
- Kelebihan: Kuantitatif
- Kekurangan: Mahal

Metode Dilusi

Metode dilusi dibedakan menjadi dua yaitu dilusi cair dan dilusi padat.

Metode Broth Makro

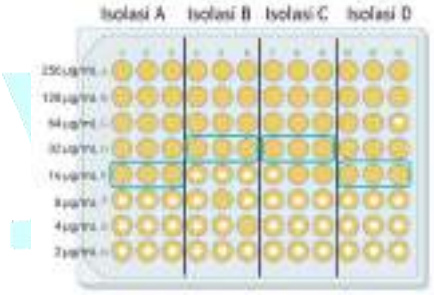


Sumber: Microbe Notes (2023), dengan modifikasi

Menggunakan tabung reaksi, Volume besar, Diamati secara visual (jernih/keruh).

- Media: Cair (tabung)
- Hasil: MIC
- Kelebihan: Sederhana
- Kekurangan: Boros

Metode Broth Mikro

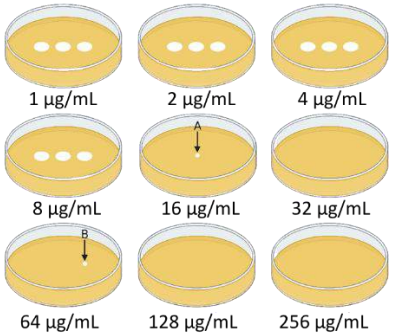


Sumber: ASM Journal, dengan modifikasi

Menggunakan *96-well plate*, Volume kecil dan lebih efisien, Bisa dibaca dengan alat.

- Media: Cair (plate)
- Hasil: MIC
- Kelebihan: Efisien
- Kekurangan: Butuh alat

Metode Agar Dilusi

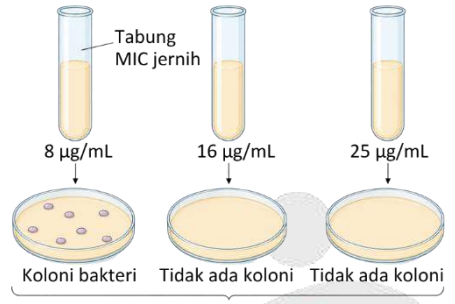


Sumber: ASM Journal, dengan modifikasi

Antibiotik dicampur langsung ke dalam agar dengan berbagai konsentrasi, Bakteri diinokulasikan di permukaan, Dilihat pertumbuhan koloni

- Media: Padat
- Hasil: Pertumbuhan koloni
- Kelebihan: Presisi tinggi
- Kekurangan: Lebih rumit

Metode MBC



Sumber: uomustansiriyah Edu, dengan modifikasi

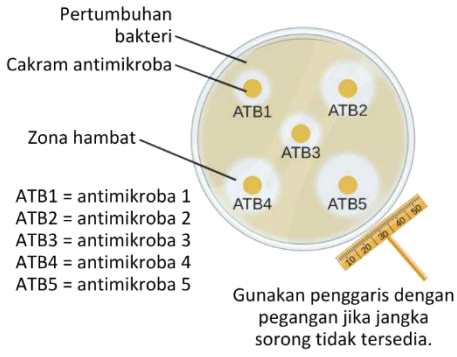
- Media: Subkultur
- Hasil: Bunuh bakteri
- Kelebihan: Akurat
- Kekurangan: Tambahan tahap

Kegunaan Metode Uji Aktivitas

Metode uji aktivitas antimikroba digunakan untuk menilai kemampuan suatu zat (antibiotik, antiseptik, ekstrak) dalam menghambat (bakteriostatik) atau membunuh (bakterisidal) mikroorganisme.

7.10 UJI POTENSI ANTIBIOTIK

Metode Lempeng

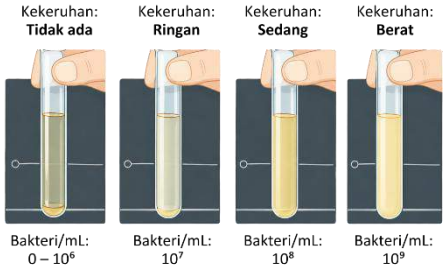


Sumber: LibreTexts libraries, dengan modifikasi

Metode lempeng adalah uji potensi antibiotik menggunakan media padat

(agar), di mana efektivitas antibiotik dinilai dari zona hambat (zona jernih) di sekitar sumber antibiotik.

Metode Turbidimetri



Sumber: Puspita Raras Anindita, modifikasi

Metode turbidimetri adalah uji potensi antibiotik berdasarkan tingkat kekeruhan (turbiditas) medium cair akibat pertumbuhan bakteri. Semakin efektif antibiotik → pertumbuhan bakteri terhambat → larutan lebih jernih.

Pengaruh Kadar Antibiotik dengan Potensi Antibiotik

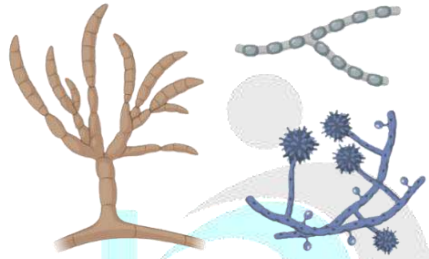
Kadar	Efek	Potensi
Rendah	Tidak Efektif	Rendah
≈ MIC	Menghambat	Sedang
> MIC	Membunuh	Tinggi
Sangat tinggi	Plateau	Maksimal

Mengapa antibiotik perlu ditentukan kadar atau potensinya?

1. Efek penggunaan antimikroba yang meningkat, sehingga meningkatkan pula efek resistensi berbagai mikroba pathogen.
2. Mikroba patogen dan virus baru: HIV, Avian Flu Virus
3. Efektivitas daya hambat atau daya bunuh antimikroba sangat tergantung pada jumlah dan kekuatan zat aktif nya.

7.11 MIKOLOGI

Ruang Lingkup Mikologi



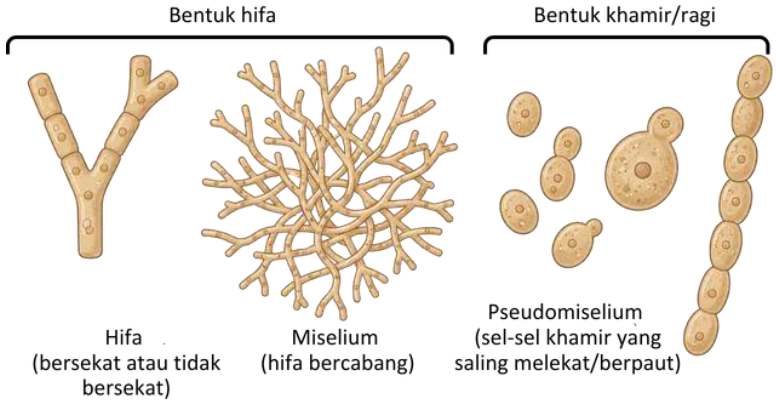
Gambar di atas menunjukkan kompleksitas mikologi di bawah pengamatan mikroskopis.

Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Mikologi adalah cabang dari Mikrobiologi yang mempelajari jamur (fungi), mencakup struktur, fungsi, klasifikasi, hingga perannya dalam kesehatan, industri, dan lingkungan.

Bidang	Fokus	Contoh
Morfologi	Struktur Jamur	Hifa, Spora
Fisiologi	Pertumbuhan & Metabolisme	Fermentasi alkohol oleh *Saccharomyces cerevisiae*
Medis	Fokus pada jamur penyebab penyakit (mikosis): • Superfisial → kulit (panu, kurap) • Subkutan • Sistemik (misal: Aspergillus, Candida)	Kandidiasis, Tinea (kurap), Aspergilosis, Kriptokokosis
Industri	Pemanfaatan jamur danuntuk keperluan komersial. • Produksi makanan (tempe, roti) • Antibiotik (Penicillium → penisilin) • Enzim & bioetanol	Tempe, Roti, Penisilin, Asam Sitrat, Bioetanol
Lingkungan	Studi tentang peran penting jamur sebagai dekomposer. • Dekomposer (pengurai bahan organik) • Simbiosis (mikoriza dengan tanaman) • Bioremediasi	Dekomposer, Mikoriza, Liken (lumut kerak), Bioremediasi limbah

Morfologi Jamur



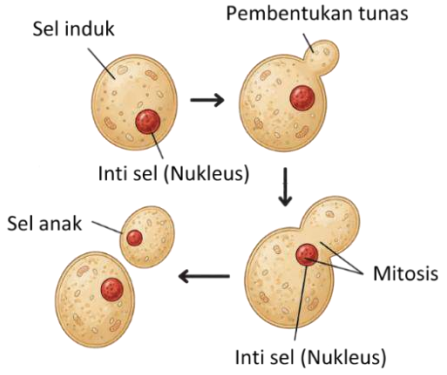
Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Aspek	Yeast (Khamir)	Mold (Kapang)	Dimorfik
Bentuk sel	Unisel	Multiseluler (filamen)	Dua bentuk
Struktur utama	Sel Tunggal	Hifa & miselium	Yeas + mold
Ukuran	Kecil	Lebih besar	Variatif
Reproduksi utama	Budding (tunas)	Spora (aseksual/selsual)	Budding & spora
Tampilan koloni	Halus, *creamy*	Berbulu/kapas	Berubah sesuai suhu
Hifa	Tidak ada (kadang pseudohifa)	Ada (septan/aseptan)	Ada saat fase mold
Pseudohifa	Bisa ada	Tidak	Bisa
Dinding sel	Kitin	Kitin	Kitin
Spora	Jarang dominan	Banyak (konidia, sporangiospore)	Ada pada fase mold
Contoh	Candida	Aspergillus, Rhizopus	Histoplasma
Peran Klinis	Infeksi oportunistik	Alergi & infeksi	Infeksi sistemik
Suhu pertumbuhan	37 °C	25-30 °C	25 °C (mold), 37 °C (yeast)

Perkembangbiakan Jamur

Perkembangbiakan jamur (fungi) terjadi melalui dua cara utama, yaitu aseksual dan seksual.

Perkembangbiakan Aseksual



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Perkembangbiakan aseksual (vegetatif) pada fungi terjadi tanpa adanya peleburan sel jantan dan betina. Cara ini adalah metode utama jamur untuk memperbanyak diri dengan cepat saat lingkungan mendukung.

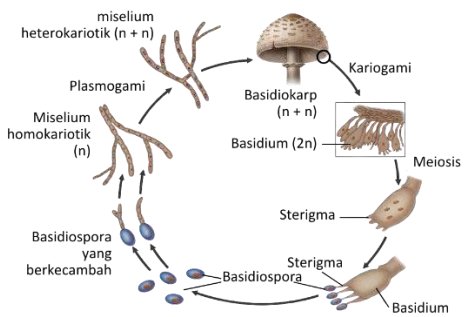
Metode utamanya meliputi pembentukan spora, fragmentasi, dan pertunasan.

Proses:

- Pembelahan biner → pada khamir (jarang).
- Budding (tunas) → sel baru tumbuh dari induk
- Fragmentasi → hifa terputus → tumbuh jadi individu baru
- Pembentukan spora aseksual:
- Konidia (misal: Aspergillus)
- Sporangiospora, prosesnya tanpa peleburan sel kelamin

Contoh: Candida, Rhizopus, Aspergillus, Saccharomyces,

Perkembangbiakan Seksual



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Proses:

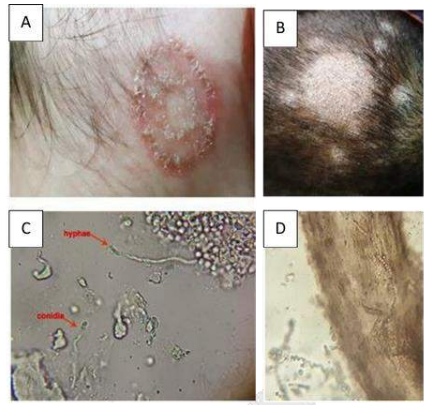
1. **Plasmogami** (Peleburan Sitoplasma) yaitu peleburan sitoplasma dari dua sel jamur yang kompatibel (biasanya hifa + dan −). Ciri penting:
   - Inti belum menyatu
   - Terbentuk sel dengan dua inti (dikariotik / n + n)
   - Tahap ini bisa berlangsung lama (terutama pada Basidiomycota)
2. **Kariogami** (Peleburan Inti) yaitu Peleburan dua inti haploid (n) menjadi satu inti diploid (2n).
   Ciri penting:
   - Terjadi setelah plasmogamy
   - Menghasilkan zigot diploid (2n)
   - Biasanya berlangsung singkat
3. **Meiosis** (Pembelahan Reduksi) yaitu pembelahan sel dari diploid (2n) kembali menjadi haploid (n).
   Ciri penting:
   - Menghasilkan spora seksual
   - Menimbulkan variasi genetik

Contoh: Ascomycota, Basidiomycota, Zygomycota.

Klasifikasi Jamur

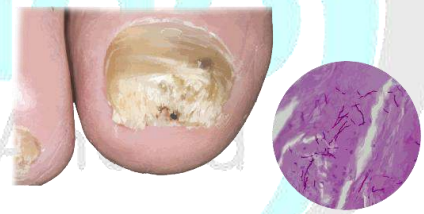
Divisi	Ciri Utama & Jenis Spora	Contoh
Zygomycota Jenis Spora: Zigospora	Hifa tidak bersekat	Rhizopus, Mucor
Ascomycota Jenis Spora: Askospora	Hifa bersekat	Aspergillus, Penicillium, Candida
Basidiomycota Jenis Spora: Basidiospora	Jamur makroskopis	Jamur tiram, jamur kuping
Deuteromycota Jenis Spora: Konidia	Tidak diketahui fase seksual	Candida, Trichophyton

7.12 MIKOSIS



A & B gejala infeksi jamur pada pasien, C & D elemen jamur dalam sampel rambut.

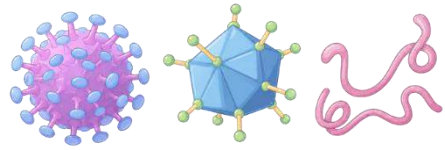
Jenis Mikosis	Contoh	Penyakit
Superfisial	Malassezia	Panu
Kutan	Dermatofita	Tinea
Subkutan	Sporothrix	Sporotrikosis
Sistemik	Aspergillus	Infeksi berat



Sumber: gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

7.13 VIRUS

Definisi Virus



Virus HIV Adenovirus Virus Ebola

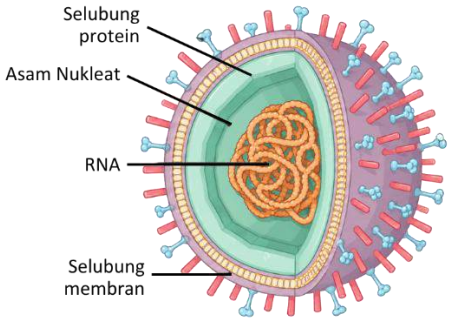
Sumber: Adobe Stock, dengan modifikasi

Ciri-ciri utama virus

- Tidak memiliki struktur sel (tidak ada membran sel, sitoplasma, organel)
- Mengandung materi genetik berupa: DNA atau RNA (tidak keduanya sekaligus)

- Diselubungi oleh kapsid (protein pelindung)
- Sebagian memiliki selubung (envelope) lipid
- Ukuran sangat kecil (±20–300 nm)
- Bersifat parasit obligat intraseluler

Struktur & Identifikasi Virus



Sumber: Researchgate, dengan modifikasi

Struktur virus secara umum

- Asam nukleat → DNA atau RNA
- Kapsid → tersusun dari kapsomer (protein)
- Envelope (opsional) → berasal dari membran sel inang
- Beberapa memiliki struktur tambahan (misalnya ekor pada bakteriofag).

Contoh virus: SARS-CoV-2, Virus Influenza, Virus HIV, Adenovirus

Klasifikasi Virus

Klasifikasi virus adalah pengelompokan virus berdasarkan karakteristik tertentu.

Grup	Genom	Ciri Kunci	Contoh
I	dsDNA	Stabil, langsung transkripsi	Adenovirus
II	ssDNA	Harus jadi dsDNA dulu	Parvovirus
III	dsRNA	Jarang	Rotavirus
IV	ssRNA (+)	Langsung jadi mRNA	SARS-CoV-2
V	ssRNA (−)	Harus bawa enzim	Influenza
VI	ssRNA-RT	Reverse transcriptase	HIV
VII	dsDNA-RT	DNA → RNA → DNA	Hepatitis B

Sistem ini diprakarsai oleh pemenang *Nobel David Baltimore*. Klasifikasi ini sangat populer di dunia mikrobiologi karena membagi virus menjadi 7 kelompok berdasarkan jenis asam nukleat (genom) dan cara mereka mereplikasi diri atau membentuk mRNA.

Virus DNA dan Virus RNA

Tabel Perbedaan Virus DNA dan RNA

Aspek	Virus DNA	Virus RNA
Materi Genetik	DNA (deoksiribonukleat)	RNA (ribonukleat)
Bentuk Genom	Umumnya double-stranded (dsDNA)	Umumnya single-stranded (ssRNA)
Lokasi Replikasi	Di inti sel (nukleus)	Di sitoplasma
Stabilitas Genetik	Lebih stabil	Lebih mudah bermutasi
Laju Mutasi	Rendah	Tinggi
Enzim khusus	Tidak selalu butuh enzim tambahan	Sering butuh RNA-dependent RNA polymerase
Cara Replikasi	Mengikuti mekanisme sel inang	Replikasi lebih kompleks & cepat
Infeksi	Cenderung laten/kronis	Cenderung akut/cepat
Contoh Virus	enovirus, Herpesvirus, HPV	Influenza, HIV, Dengue, SARS-CoV-2
Contoh Penyakit	Herpes, cacar, HPV	Flu, AIDS, COVID-19

Klasifikasi DNA

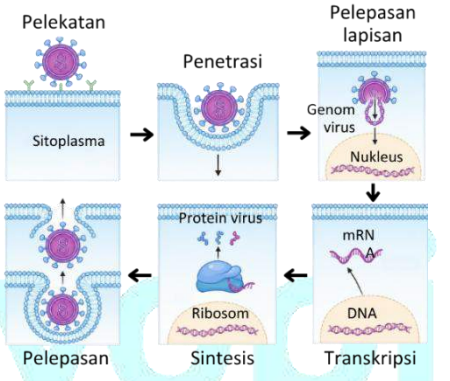
Famili	Tipe Genom	Selubung	Contoh Virus	Penyakit
Adenoviridae	dsDNA	Non-envelope	Adenovirus	ISPA, konjungtivitis
Herpesviridae	dsDNA	Envelope	HSV, VZV, CMV	Herpes, cacar air
Poxviridae	dsDNA	Envelope	Variola virus	Cacar
Papillomaviridae	dsDNA	Non-envelope	HPV	Kutil, kanker serviks
Polyomaviridae	dsDNA	Non-envelope	JC virus	PML
	dsDNA (parsial)	Envelope	HBV	Hepatitis B

Klasifikasi RNA

Famili	Tipe Genom	Selubung	Contoh Virus	Penyakit
Picornaviridae	ssRNA (+)	Non-envelope	Poliovirus, Rhinovirus	Polio, flu biasa
Flaviviridae	ssRNA (+)	Envelope	Dengue, Zika	Demam dengue
Togaviridae	ssRNA (+)	Envelope	Rubella	Campak Jerman
Coronaviridae	ssRNA (+)	Envelope	SARS-CoV-2	COVID-19
Orthomyxoviridae	ssRNA (-)	Envelope	Influenza	Flu
Paramyxoviridae	ssRNA (-)	Envelope	Campak, gondong	Measles, mumps
Rhabdoviridae	ssRNA (-)	Envelope	Rabies virus	Rabies
Retroviridae	ssRNA (+, RT)	Envelope	HIV	AIDS
Reoviridae	dsRNA	Non-envelope	Rotavirus	Diare anak

7.14 MEKANISME KERJA PRION & VIRUS PADA HOST

Porte d'entrée Interaksi & Virus



Sumber: Adobe Stock, dengan modifikasi

Porte d'entrée adalah jalur masuk virus ke tubuh.

Jalur Masuk Utama	
Saluran pernapasan	Droplet/aerosol. Contoh: Influenza, COVID-19
Saluran pencernaan	Makanan/minuman terkontaminasi. Contoh: rotavirus
Kulit (parenteral)	Luka, suntikan, gigitan vector. Contoh: Hepatitis B
Genitourinaria	Kontak seksual. Contoh: HIV, HPV
Transmisi vertikal	Ibu menularkan janin (plasenta). Contoh: rubella.

Interaksi dimulai saat virus bertemu sel target.

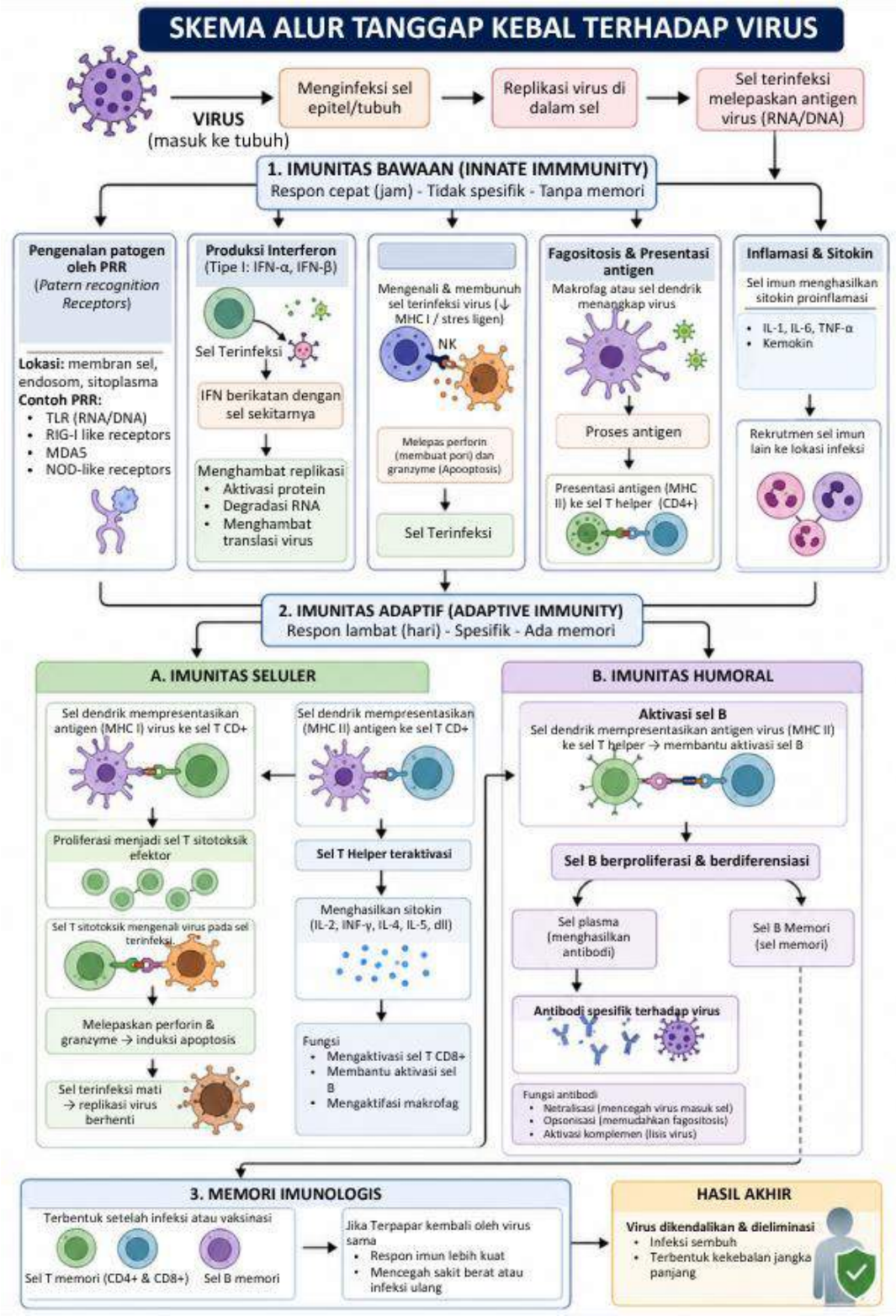
Tahapan Utama Interaksi Virus	
***Attachment* (adsorpsi)**	Virus menempel pada reseptor spesifik di sel host → menentukan tropisme (misal: COVID-19 menyerang sel dengan reseptor ACE2)
Penetrasi & Uncoating	Fusi membran / endositosis → Kapsid dibuka → genom virus dilepas
Replikasi & Sintesis	Menggunakan mesin sel host dan produksi RNA/DNA & protein virus
Assembly & Release	Perakitan virion baru dan keluar melalui lisis atau budding

Interaksi genetik menghasilkan beberapa progeni yang secara pewarisan (secara genetik) berbeda dari kedua induknya.

Tanggap Kebal Terhadap Virus

Tanggap kebal terhadap virus adalah respon sistem imun tubuh untuk mengenali, mengendalikan, dan mengeliminasi infeksi virus. Respon ini melibatkan dua komponen utama yaitu imunitas bawaan (*innate*) dan imunitas adaptif (spesifik).

1. **Imunitas Bawaan** (*Innate Immunity*). ini adalah pertahanan pertama yang bekerja cepat (dalam jam).
   - Interferon (IFN-α, IFN-β).
   - Sel NK (Natural Killer).
   - Makrofag & sel dendritic.
   - Pattern Recognition Receptors (PRRs).
2. **Imunitas Adaptif** (*Adaptive Immunity*)
   - Imunitas Seluler (*Cell-mediated immunity*)
     - Sel T sitotoksik (CD8+)
     - Sel T helper (CD4+)
   - Imunitas Humoral (Antibodi)
     Sel B → menghasilkan antibody.
3. **Memori Imunologis**
   - Setelah infeksi atau vaksinasi, terbentuk Sel memori B dan Sel memori T
   - Respon menjadi lebih cepat dan kuat saat infeksi ulang


SKEMA ALUR TANGGAP KEBAL TERHADAP VIRUS
VIRUS
(masuk ke tubuh)
Menginfeksi sel epitel/tubuh
Replikasi virus di dalam sel
Sel terinfeksi melepaskan antigen virus (RNA/DNA)
1. IMUNITAS BAWAAN (INNATE IMMMUNITY)
Respon cepat (jam) - Tidak spesifik - Tanpa memori
Pengenalan patogen oleh PRR
(Patern recognition Receptors)
Lokasi: membran sel, endosom, sitoplasma
Contoh PRR:
TLR (RNA/DNA)
RIG-I like receptors
MDA5
NOD-like receptors
Produksi Interferon
(Tipe I: IFN-α, IFN-β)
Sel Terinfeksi
IFN berikatan dengan sel sekitarnya
Menghambat replikasi
Aktivasi protein
Degradasi RNA
Menghambat translasi virus
Mengenali & membunuh sel terinfeksi virus (↓ MHC I / stres ligen)
NK
Melepas perforin (membuat pori) dan granzyme (Apoptosis)
Sel Terinfeksi
Fagositosis & Presentasi antigen
Makrofag atau sel dendrik menangkap virus
Proses antigen
Presentasi antigen (MHC II) ke sel T helper (CD4+)
Inflamasi & Sitokin
Sel imun menghasilkan sitokin proinflamasi
IL-1, IL-6, TNF-α
Kemokin
Rekrutmen sel imun lain ke lokasi infeksi
2. IMUNITAS ADAPTIF (ADAPTIVE IMMUNITY)
Respon lambat (hari) - Spesifik - Ada memori
A. IMUNITAS SELULER
Sel dendrik mempresentasikan antigen (MHC I) virus ke sel T CD+
Proliferasi menjadi sel T sitotoksik efektor
Sel T sitotoksik mengenali virus pada sel terinfeksi
Melepaskan perforin & granzyme → induksi apoptosis
Sel terinfeksi mati → replikasi virus berhenti
Sel dendrik mempresentasikan (MHC II) antigen ke sel T CD+
Sel T Helper teraktivasi
Menghasilkan sitokin (IL-2, INF-γ, IL-4, IL-5, dll)
Fungsi
Mengaktivasi sel T CD8+
Membantu aktivasi sel B
Mengaktifasi makrofag
B. IMUNITAS HUMORAL
Aktivasi sel B
Sel dendrik mempresentasikan antigen virus (MHC II) ke sel T helper → membantu aktivasi sel B
Sel B berproliferasi & berdiferensiasi
Sel plasma (menghasilkan antibodi)
Sel B Memori (sel memori)
Antibodi spesifik terhadap virus
Fungsi antibodi
Netralisasi (mencegah virus masuk sel)
Opsonisasi (memudahkan fagositosis)
Aktivasi komplemen (lisis virus)
3. MEMORI IMUNOLOGIS
Terbentuk setelah infeksi atau vaksinasi
Sel T memori (CD4+ & CD8+)
Sel B memori
Jika Terpapar kembali oleh virus sama
Respon imun lebih kuat
Mencegah sakit berat atau infeksi ulang
HASIL AKHIR
Virus dikendalikan & dieliminasi
Infeksi sembuh
Terbentuk kekebalan jangka panjang

Kegagalan Tanggap Kebal

Kegagalan tanggap kebal adalah kondisi ketika sistem imun tidak mampu merespons antigen secara adekuat, sehingga tubuh menjadi rentan terhadap infeksi berulang, berat, atau tidak biasa. Ini merupakan bagian penting dari imunopatologi. Pada kondisi ini dapat terjadi produksi antibodi menurun, fungsi sel imun (T/B/fagosit) terganggu dan aktivitas komplemen menurun.

Klasifikasi	Ciri Utama	Penyebab	Contoh
Primer	Bawaan Sejak lahir	Kelainan genetik	SCID
Sekunder	Terjadi setelah lahir	Infeksi, obat, malnutrisi	AIDS

Kegagalan Tanggap Kebal Berdasarkan Komponen Sistem

Komponen	Gangguan	Dampak Klinis	Conotoh Infeksi
Sel B (Humoral)	↓ produksi antibodi	Rentan bakteri ekstraseluler	Pneumonia, sinusitis
Sel T (Seluler)	↓ imunitas seluler	Rentan virus & jamur	Kandidiasis, TB
Kombinasi (T & B)	Gangguan berat	Infeksi luas	SCID
Fagosit	↓ fagositosis	Infeksi bakteri berulang	Abses
Komplemen	↓ lisis patogen	Infeksi berulang	Neisseria

Imunopatologi

Imunopatologi adalah cabang dari Imunologi yang mempelajari kerusakan jaringan dan penyakit yang disebabkan oleh respon sistem imun, baik karena berlebihan, salah sasaran, maupun kekurangan. Respon imun yang berlebihan terhadap antigen terlihat pada tabel di samping:

Tipe	Mekanisme	Contoh
Tipe I	IgE (alergi cepat)	Asma, anafilaksis
Tipe II	Sitotoksik (antibodi)	Anemia hemolitik
Tipe III	Kompleks imun	Lupus
Tipe IV	Sel T (lambat)	TB, dermatitis kontak

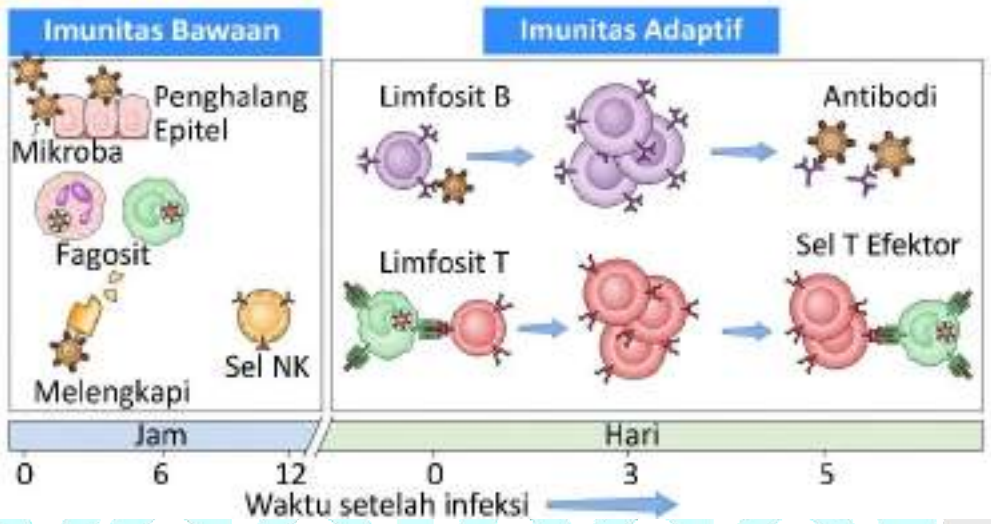
Jenis Infeksi dan Sifat Penyakit

Jenis Infeksi	Definisi	Sifat Penyakit	Ciiri	Contoh
Infeksi Primer	Infeksi pertama kali oleh patogen	Akut	Gejala khas, onset cepat	Influenza
Infeksi Sekunder	Infeksi setelah infeksi awal	lebih berat atau komplikasi	Muncul setelah infeksi primer	Pneumonia pasca flu
Infeksi Oportunistik	Terjadi saat imun lemah	Berat, tidak biasa	Patogen normal jadi patogen	Kandidiasis
Infeksi Nosokomial	Didapat di rumah sakit	Resisten antibiotik	≥48 jam setelah rawat	MRSA
Infeksi Komunitas	Didapat di masyarakat	Umumnya lebih ringan	Tidak terkait RS	ISPA
Infeksi Lokal	Terbatas pada satu area	Terlokalisasi	Nyeri, bengkak, sepsis	Abses
Infeksi Sistemik	Menyebar ke seluruh tubuh	Berat	Demam tinggi, sepsis	Sepsis
Infeksi Akut	Durasi singkat	Cepat & parah	Onset mendadak	Influenza
Infeksi Kronis	Durasi lama	Berkepanjangan	Gejala ringan lama	TB
Infeksi Laten	Dormant (tidak aktif)	Tanpa gejala	Bisa reaktivasi	Herpes
Infeksi Subklinis	Tanpa gejala	Ringan/tidak tampak	Tidak disadari	Hepatitis awal
Infeksi Campuran	>1 patogen	Kompleks	Gejala bervariasi	Infeksi luka

IMUNOLOGI

8.1 DASAR IMUNOLOGI BIDANG FARMASI

Sistem Pertahanan Tubuh



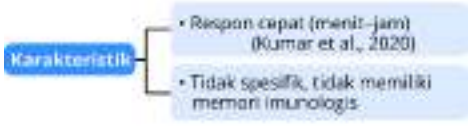
Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikasi

Sistem pertahanan tubuh atau sistem imun adalah kumpulan sel, jaringan, dan molekul yang bekerja secara terkoordinasi untuk melindungi tubuh dari patogen seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit, serta dari sel abnormal seperti sel kanker (Abbas et al., 2021; Murphy & Weaver, 2022).

A. Imunitas Bawaan *(Innate Immunity)*

Merupakan lini pertahanan pertama yang bersifat non-spesifik dan bekerja cepat

Komponen		
1.	Barier fisik	Kulit, mukosa (Delves et al., 2021)
2.	Barier kimia	Enzim lisozim, asam lambung (Kumar et al., 2020)
3.	Sel imun	Neutrofil, Makrofag, Sel a1ntibodi, Natural Killer (NK) (Murphy & Weaver, 2022)
4.	Protein plasma	Sistem komplemen dan Sitokin (Abbas et al., 2021)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Contoh: fagositosis bakteri oleh makrofag (Kumar et al., 2020; Murphy & Weaver, 2022)

B. Imunitas Adaptif (*Adaptive Immunity*)

Merupakan 1antibodi pertahanan spesifik yang berkembang setelah paparan antigen

Komponen		
1.	Limfosit B (B cells)	menghasilkan antibodi
2.	Limfosit T (T cells)	T helper (CD4+) dan T sitotoksik (CD8+) Karakteristik



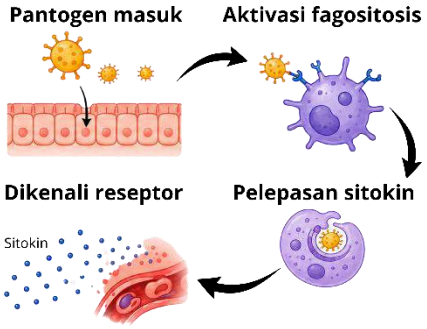
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Contoh: produksi antibodi setelah vaksinasi (Murphy & Weaver, 2022; WHO, 2021).

Sistem Respon Tubuh

A. Respon Imun Bawaan

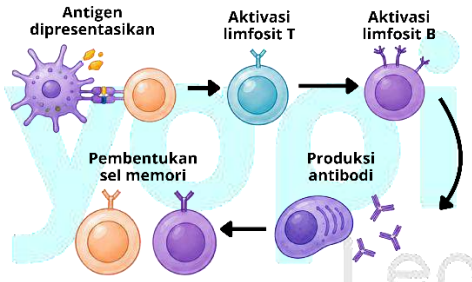
Lini pertahanan pertama yang langsung aktif saat patogen masuk



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

B. Respon Imun Adaptif

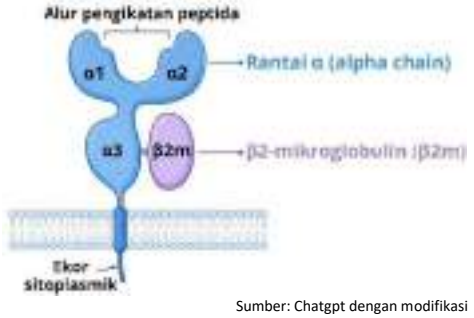
Lini pertahanan kedua yang aktif jika patogen lolos dari respon bawaan.



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

8.2 MOLEKUL PENGENAL ANTIGEN

MHC Kelas I



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

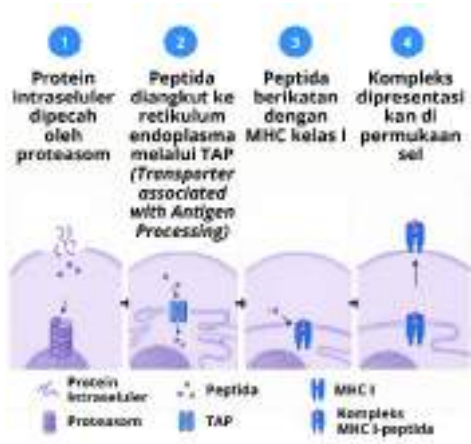
Struktur MHC kelas I terdiri dari:

- Rantai α (*alpha chain*)
- β2-mikroglobulin (β2m)

Ditemukan pada hampir semua sel berinti (*nucleated cells*)

Fungsinya untuk menyajikan antigen endogen (dari dalam sel), seperti virus dan protein abnormal (misalnya sel tumor)

Sel Target dikenali oleh limfosit T sitotoksik (CD8+) dengan mekanisme:



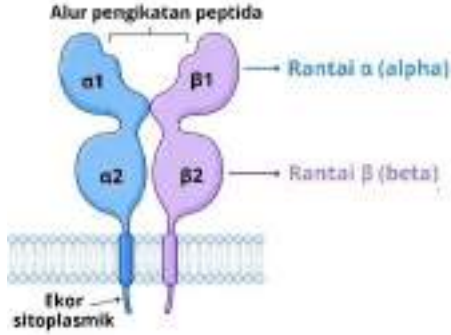
Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Peran Klinis

- Eliminasi sel yang terinfeksi virus
- Pengawasan imun terhadap kanker *(immune surveillance)*

(Kumar et al., 2020; Murphy & Weaver, 2022; Abbas et al., 2021).

MHC Kelas II



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

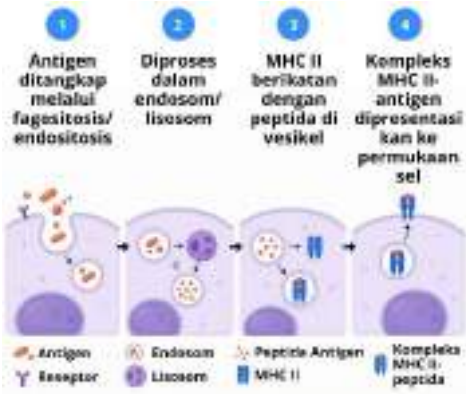
Struktur MHC kelas II terdiri dari:

- Rantai α (*alpha*)
- Rantai β (*beta*)

Ditemukan pada sel penyaji antigen (APC) berupa Sel dendritic, Makrofag, Limfosit B.

Fungsinya menyajikan antigen eksogen (dari luar sel), seperti: Bakteri dan

Toksin. Sel Target dikenali oleh limfosit T helper (CD4+) dengan mekanisme berikut:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Peran Klinis

- Aktivasi respon imun humoral (antibodi)
- Regulasi respon imun melalui sitokin

(Murphy & Weaver, 2022; Delves et al., 2021)

Perbedaan MHC Kelas I dan MHC Kelas II

Aspek	MHC Kelas I	MHC Kelas II
Sumber antigen	Endogen	Eksogen
Sel yang mengekspresikan	Semua sel berinti	APC (dendritik, makrofag, B cell)
Sel T yang mengenali	CD8+	CD4+
Fungsi utama	Membunuh sel terinfeksi	Aktivasi sistem imun
Lokasi pemrosesan	Sitoplasma → RE	Endosom/lisosom

(Abbas et al., 2021; Murphy & Weaver, 2022)

Signifikansi Klinis

MHC merupakan kelompok gen yang mengode molekul permukaan sel yang berfungsi menyajikan antigen kepada limfosit T. Pada manusia, MHC dikenal sebagai Human Leukocyte Antigen (HLA).

1. Transplantasi Organ
   Perbedaan MHC (HLA) dapat menyebabkan penolakan graft
2. Penyakit Autoimun
   Beberapa alel HLA berhubungan dengan penyakit tertentu, misalnya: HLA-B27 → ankylosing spondylitis
3. Infeksi dan Vaksin

(Kumar et al., 2020; Delves et al., 2021)

8.3 JENIS-JENIS SEL IMUN

Sel Imun

Sel Imun Bawaan

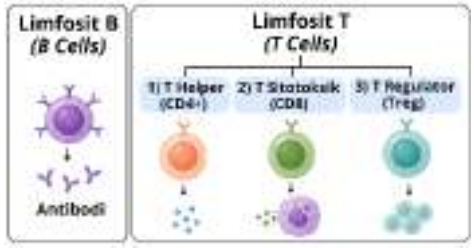


Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

A.	Neutrofil	Neutrofil merupakan sel fagosit utama yang berperan sebagai lini pertama pertahanan terhadap infeksi bakteri melalui fagositosis dan pelepasan enzim antimikroba
B.	Makrofag	Makrofag berfungsi dalam fagositosis patogen, produksi mediator inflamasi, serta presentasi antigen kepada sel T
C.	Sel Dendritik	Sel dendritik adalah *antigen-presenting* cell (APC) utama yang menginisiasi respon imun adaptif dengan mengaktifkan limfosit T naif
D.	*Natural Killer (NK) Cells*	Sel NK berperan dalam membunuh sel yang terinfeksi virus dan sel tumor tanpa memerlukan pengenalan antigen spesifik melalui MHC

(Rosales, 2020; Nicholson, 2021; Wculek et al., 2020; Vivier et al., 2021)

Sel Imun Adaptif



A. Limfosit B *(B Cells)*

Limfosit B berperan dalam produksi antibodi dan merupakan komponen utama imunitas humoral

(Sage & Sharpe, 2020).

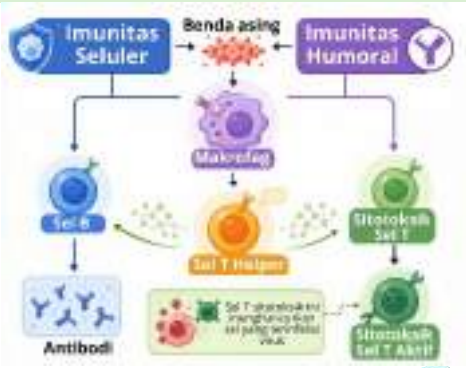
B. Limfosit T *(T Cells)*

- T Helper (CD4+) : Sel T helper berfungsi mengatur respon imun dengan menghasilkan sitokin yang mengaktivasi sel imun lain

- T Sitotoksik (CD8+) : Sel T sitotoksik berperan dalam membunuh sel yang terinfeksi atau mengalami transformasi ganas
- T Regulator (Treg) : Sel T regulator berfungsi menjaga toleransi imun dan mencegah respon autoimun

(Zhu et al., 2020; Farhood et al., 2020; Sakaguchi et al., 2020).

Imunitas Seluler Dan Humoral



Sumber: Geeks for Geeks, dengan modifikasi

Perbedaan Imunitas Seluler dan Humoral

Aspek	Imunitas Seluler	Imunitas Humoral
Komponen utama	Sel T	Sel B & antibodi
Mekanisme	Eliminasi langsung oleh sel	Produksi antibodi
Target	Patogen intraseluler	Patogen ekstraseluler
Efektor utama	CTL (CD8+)	Imunoglobulin
Ketergantungan MHC	Tinggi	Tidak langsung

Kedua sistem ini saling berinteraksi dan tidak bekerja secara terpisah:



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Imunitas Seluler (*Cell-Mediated Immunity*)

Imunitas seluler adalah respon imun yang dimediasi oleh sel T tanpa keterlibatan langsung antibody

Sel Utama: Limfosit T CD8+, Limfosit T CD4+ (Th1), Makrofag sebagai efektor.



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Target: Patogen intraseluler seperti virus dan bakteri intraseluler

(Farhood et al., 2020; Zhu et al., 2020; Chaplin, 2020)

Imunitas Humoral (*Humoral Immunity*)

Imunitas humoral merupakan respon imun yang dimediasi oleh antibodi yang diproduksi oleh limfosit B

Sel Utama: Limfosit B dan Sel plasma



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Fungsi Antibodi: Netralisasi pathogen, Opsonisasi, Aktivasi sistem komplemen

Target: Patogen ekstraseluler seperti bakteri dan toksin

(Sage&Sharpe, 2020; Nicholson, 2021; Vivier et al., 2021; Chaplin, 2020)

Signifikasi Klinis

- Infeksi virus → dominan imunitas seluler
- Infeksi bakteri ekstraseluler → dominan imunitas humoral
- Vaksin modern → menstimulasi kedua jenis imunitas
- Imunoterapi kanker → memanfaatkan sel T

(Farhood et al., 2020)

8.4 IMUNOGENISITAS DAN ANTIGENITAS



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

- Antigenitas = kemampuan antigen untuk dikenali oleh sistem imu
- Imunogenisitas = kemampuan antigen untuk memicu respons imun Keduanya saling terkait, tetapi tidak identic.

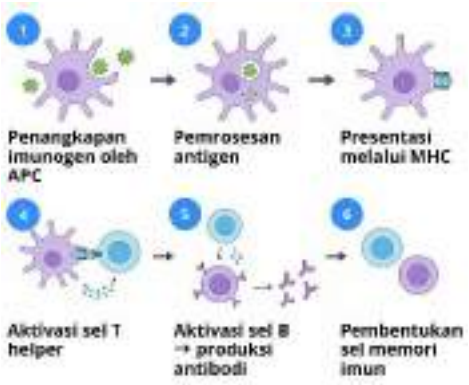
Imunogen

Imunogen adalah zat yang mampu menginduksi respons imun spesifik, baik berupa produksi antibodi oleh sel B maupun aktivasi sel T dalam sistem imun adaptif.

Jenis Imunogen		
1	**Imunogen lengkap *(complete immunogen)***	Mampu secara mandiri menginduksi respons imun (contoh: protein mikroorganisme) (Owen et al., 2019).
2	**Imunogen tidak lengkap *(hapten)***	Tidak dapat menimbulkan respons imun sendiri, tetapi dapat menjadi imunogen jika berikatan dengan carrier protein (Owen et al., 2019).

(Abbas et al., 2016).

Proses respon imun terhadap imunogen meliputi:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Contoh Imunogen:

- Antigen dalam vaksin (virus atau bakteri yang dilemahkan/dimatikan)
- Protein asing
- Toksoid (toksin yang telah diinaktivasi)

(Abbas et al., 2016)

Antigen

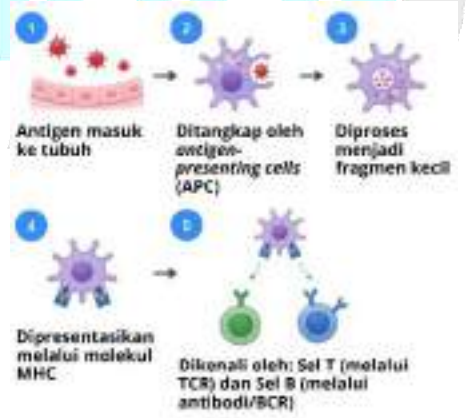
Antigen adalah setiap zat atau molekul yang dapat dikenali secara spesifik oleh sistem imun, terutama oleh antibodi atau reseptor sel T (*T cell receptor/TCR*), tanpa harus selalu menimbulkan respons imun. Antigen memiliki bagian spesifik yang disebut epitop *(antigenic determinant)* yaitu struktur molekul yang berikatan langsung dengan antibodi atau TCR.

Struktur Antigen (Epitop):



Sumber: Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Proses pengenalan antigen melibatkan:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis-jenis antigen:

1. **Berdasarkan asalnya**
   - Antigen eksogen: Masuk dari luar tubuh (misalnya bakteri, virus, toksin)
   - Antigen endogen: Berasal dari dalam sel (misalnya protein virus dalam sel yang terinfeksi)
   - Autoantigen: Berasal dari tubuh sendiri, dapat memicu penyakit

autoimun jika tidak dikenali sebagai "*self*"

2. Berdasarkan kemampuan imunologis

- Imunogen (*complete antigen*): Antigen yang mampu menimbulkan respons imun
- Hapten (*incomplete antigen*): Antigen kecil yang hanya dapat dikenali tetapi tidak mampu menginduksi respons imun tanpa carrier

(Owen et al., 2019; Delves et al., 2021).

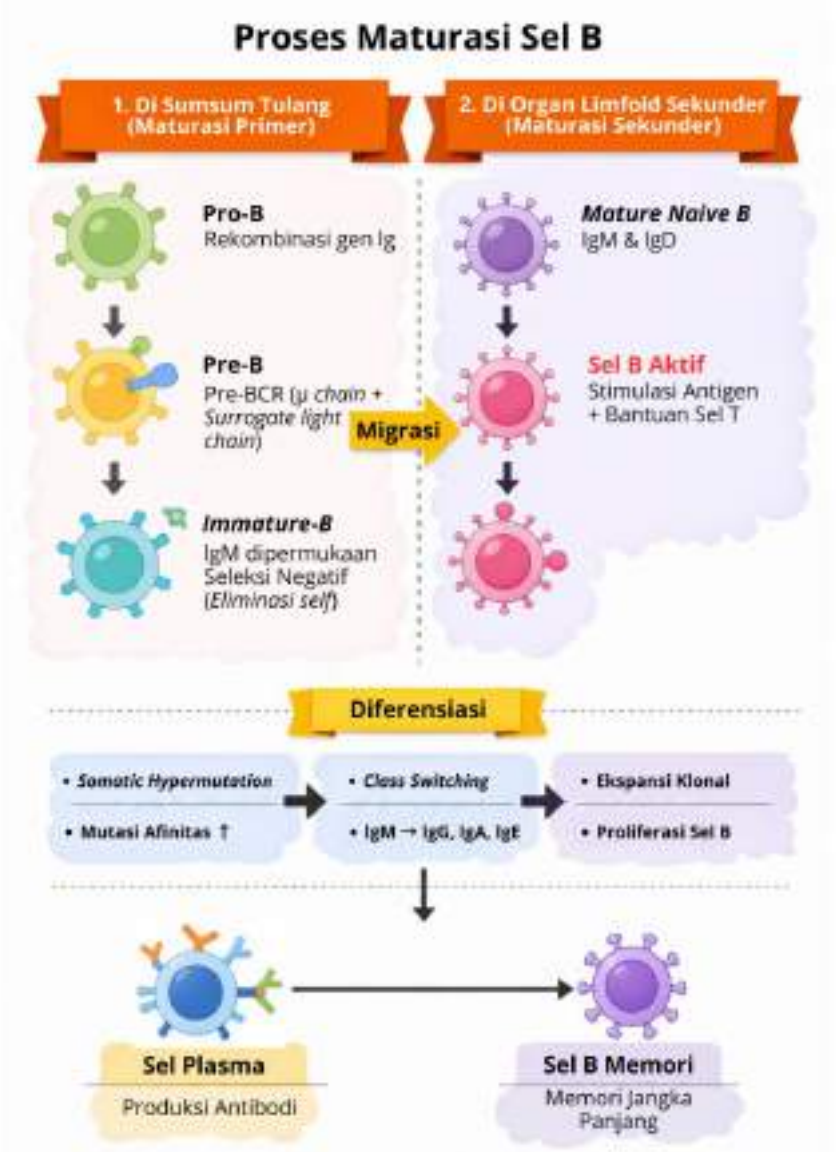
Perbedaan Antigen dan Imunogen

- Antigen: hanya dikenali oleh sistem imun
- Imunogen: mampu menginduksi respons imun

Semua imunogen adalah antigen, tetapi tidak semua antigen adalah immunogen.

8.5 MATURASI SEL B DAN SEL T

Maturasi Sel B



Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikasi

Maturasi sel B adalah proses perkembangan dan diferensiasi limfosit B dari sel prekursor di sumsum tulang hingga menjadi sel B matur yang siap berfungsi dalam sistem imun adaptif. Proses ini mencakup:

- Pembentukan reseptor antigen (B cell receptor/BCR)
- Seleksi untuk memastikan toleransi terhadap self
- Aktivasi dan diferensiasi menjadi sel efektor

Tahapan Maturasi Sel B

A. Maturasi di Sumsum Tulang *(Bone Marrow)*

Tahap ini disebut maturasi primer *(antigen-independent phase)* karena belum melibatkan antigen.

a. Pro-B cell
   - Terjadi rearrangement gen imunoglobulin (Ig heavy chain)
   - Belum memiliki BCR lengkap

b. Pre-B cell
   - Menghasilkan μ heavy chain
   - Membentuk pre-BCR

c. Immature B cell
   - Mengekspresikan IgM pada permukaan
   - Mengalami seleksi negatif (eliminasi sel autoreaktif)
     Jika mengenali antigen self kuat → apoptosis atau editing reseptor

B. Maturasi di Organ Limfoid Sekunder

Tahap ini disebut maturasi sekunder *(antigen-dependent phase)*

C. Mature naive B cell

- Mengekspresikan IgM dan IgD
- Bersirkulasi ke limpa dan kelenjar getah bening

D. Aktivasi sel B

- Terjadi setelah pengenalan antigen
- Dibantu oleh sel T helper (*T-dependent antigen*)

Diferensiasi Sel B Setelah Aktivasi

Setelah aktivasi, sel B mengalami beberapa proses penting:

A.* Proliferasi *(clonal expansion)

Sel B yang mengenali antigen akan memperbanyak diri

B. *Somatic hypermutation*

- Mutasi pada gen imunoglobulin
- Meningkatkan afinitas antibodi terhadap antigen

C. *Class switching (isotype switching)*

Perubahan kelas antibodi dari IgM menjadi: IgG, IgA, IgE (Proses ini dipengaruhi sitokin dan interaksi CD40-CD40L)

Hasil Akhir Maturasi Sel B

Sel B akan berdiferensiasi menjadi:

1. Sel plasma

- Menghasilkan antibodi dalam jumlah besar
- Berfungsi sebagai sel efektor

2. Sel B memori

- Bertahan lama
- Memberikan respons imun sekunder yang lebih cepat dan kuat

Mekanisme Seleksi Sel B

A. Seleksi negative
   - Menghilangkan sel B yang reaktif terhadap self
   - Terjadi di sumsum tulang

B. Seleksi positif (fungsional)
   Memastikan sel B mampu mengenali antigen asing

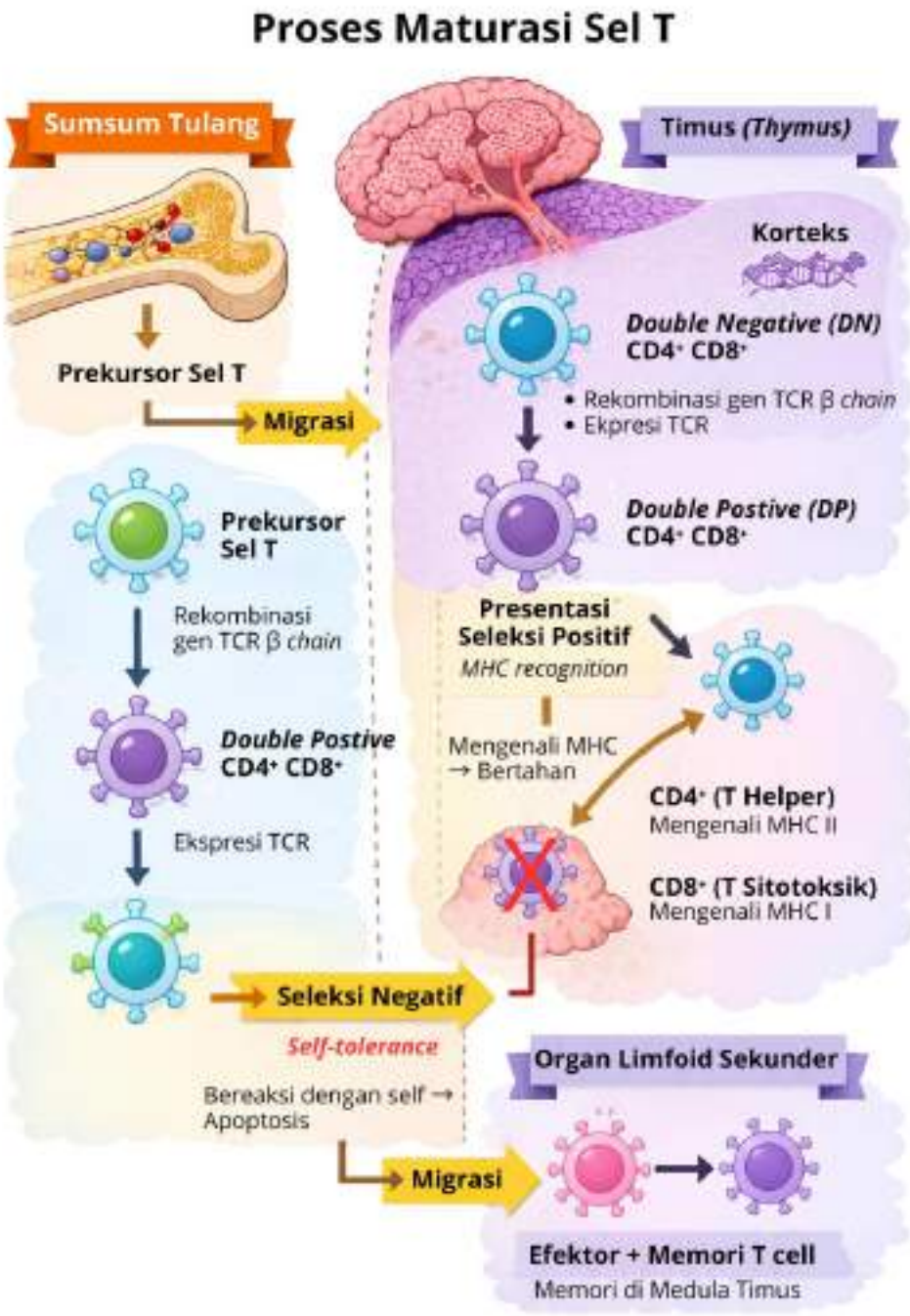
Proses ini penting untuk mencegah penyakit autoimun

(Peakman & Vergani, 2009; Parham, 2014)

Maturasi Sel T

Maturasi sel T adalah proses perkembangan limfosit T dari sel prekursor di sumsum tulang hingga menjadi sel T matur yang imunokompeten di timus *(thymus).* Berbeda dengan sel B, maturasi sel T terjadi di timus dan melibatkan proses seleksi ketat untuk memastikan:

- Kemampuan mengenali antigen (via TCR)
- Tidak menyerang sel tubuh sendiri (*self-tolerance*)



Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikas

Tahapan Maturasi Sel T

A. Fase di Sumsum Tulang

- Sel punca hematopoietik → prekursor limfosit T
- Bermigrasi ke timus untuk maturasi

B. Fase di Timus (Thymus)

1. *Double Negative (DN)*
   - Tidak memiliki CD4 dan CD8 ($CD4^-$ $CD8^-$)

- Terjadi rearrangement gen TCR β-*chain*
- Belum dapat mengenali antigen

2. *Double Positive (DP)*
   - Mengekspresikan CD4 dan CD8 ($CD4^+$ $CD8^+$)
   - Membentuk TCR lengkap
   - Mengalami seleksi positif

Hanya sel yang mampu mengenali MHC yang akan bertahan.

Seleksi Positif
- Terjadi di korteks timus
- Memastikan sel T dapat mengenali antigen yang dipresentasikan oleh MHC

  Jika gagal → apoptosis

Seleksi Negatif
- Terjadi di medula timus
- Mengeliminasi sel T yang bereaksi kuat terhadap antigen self

  Penting untuk mencegah autoimunitas

Single Positive (SP)

Sel T menjadi:
- $CD4^+$ (T helper) → mengenali MHC II
- $CD8^+$ (T sitotoksik) → mengenali MHC I

(Peakman & Vergani, 2009; Parham, 2014)

Migrasi ke Organ Limfoid Sekunder

Sel T matur (naive) keluar dari timus dan bermigrasi ke Limpa dan Kelenjar getah bening. Di sini, sel T akan menunggu paparan antigen dan berpartisipasi dalam respons imun adaptif

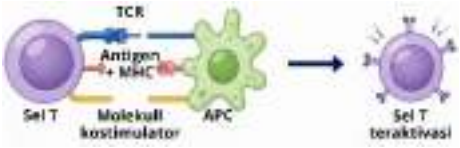
(Abbas & Lichtman, 2016)

Aktivasi dan Diferensiasi Sel T

Setelah mengenali antigen terjadi proses:

a. Aktivasi

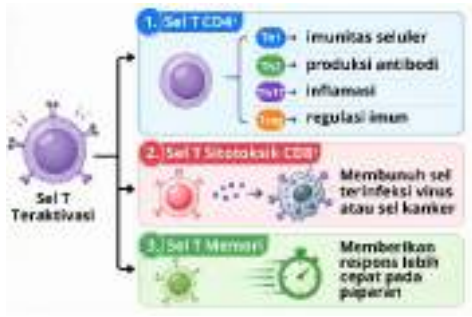
   Interaksi antara: TCR, Antigen + MHC, dan Molekul kostimulator



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

b. Diferensiasi:

Sel T berkembang menjadi:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

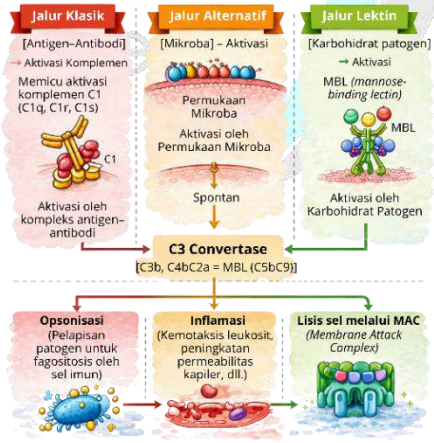
8.6 KOMPLEMEN

Definisi Sistem Komplemen

Sistem komplemen adalah sekumpulan protein plasma (±30 protein) yang berfungsi sebagai bagian dari sistem imun bawaan (*innate immunity*) dan bekerja secara kaskade enzimatik untuk membantu menghancurkan patogen, meningkatkan fagositosis, memediasi inflamasi.

Jalur Aktivasi

Aktivasi sistem komplemen dapat berlangsung melalui tiga jalur utama, yaitu:



Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikasi

Tahap Akhir *(Common Pathway)*

Setelah aktivasi C3:
- C3 → C3a + C3b
- C5 → C5a + C5b
- Terbentuk Membrane Attack Complex (MAC, C5b–C9)

MAC menyebabkan lisis sel patogen

(Abbas et al., 2016).

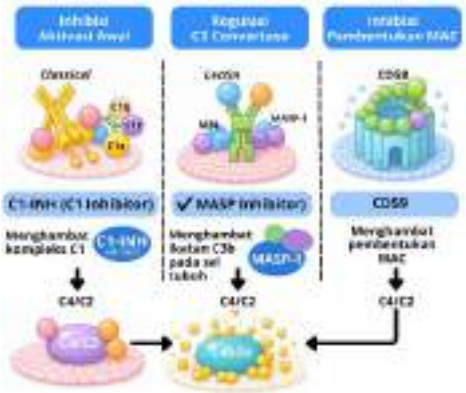
Pengaturan Komplemen

Untuk mencegah kerusakan sel tubuh, sistem ini dikontrol oleh:

- C1 inhibitor (C1-INH)
- Factor H & Factor I
- CD55 (DAF) & CD59

Mekanisme Regulasi Komplemen

Regulasi terjadi pada beberapa tahap utama:



Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikasi

Regulasi pada Permukaan Sel Tubuh

Sel normal memiliki protein protektif:

- CD55 (DAF)
- CD59
- Factor H

Protein ini memastikan komplemen hanya menyerang patogen, bukan sel host (*self-tolerance*).

Konsekuensi Gangguan Regulasi

Jika regulasi terganggu dapat menyebabkan penyakit, seperti:

- Hereditary angioedema → defisiensi C1-INH
- Paroxysmal nocturnal hemoglobinuria (PNH) → defisiensi CD55/CD59
- Penyakit autoimun akibat aktivasi komplemen berlebihan

(Abbas et al., 2018).

Fungsi Biologis Protein Komplemen

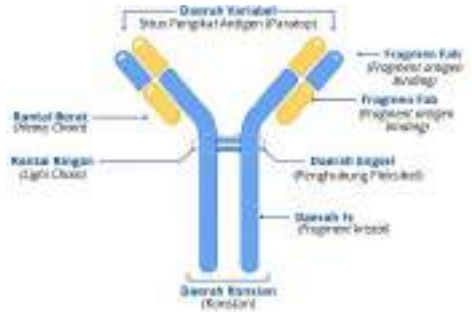
Protein komplemen berperan penting dalam pertahanan tubuh melalui beberapa mekanisme utama:

(Abbas et al., 2021; Murphy & Weaver, 2022)

	Mekanisme	
1	**Opsonisasi**	Komponen utama: C3b Fungsi: melapisi permukaan patogen sehingga lebih mudah dikenali dan difagositosis oleh makrofag dan neutrophil
2	**Lisis Sel *(Cytolysis)***	Komponen utama: Membrane Attack Complex (MAC: C5b–C9) Fungsi: membentuk pori pada membran sel patogen → menyebabkan lisis
3	**Inflamasi dan Kemotaksis**	Komponen utama: C3a dan C5a (anafilatoksin) Fungsi: • Meningkatkan permeabilitas pembuluh darah • Menarik sel imun (kemotaksis) ke lokasi infeksi • Mengaktifkan sel mast dan neutrophil
4	**Pembersihan Kompleks Imun**	• Komplemen membantu mengikat dan mengeliminasi kompleks antigen–antibodi dari sirkulasi • Mencegah deposisi kompleks imun pada jaringan
5	**Enhancing Respons Imun Adaptif**	• C3d berikatan dengan antigen dan meningkatkan aktivasi sel B • Memperkuat produksi antibody
6	**Peran dalam Homeostasis**	• Membantu pembersihan sel mati (apoptosis) • Menjaga keseimbangan sistem imun

8.7 ANTIBODI

Antibodi Sebagai Produk Imun

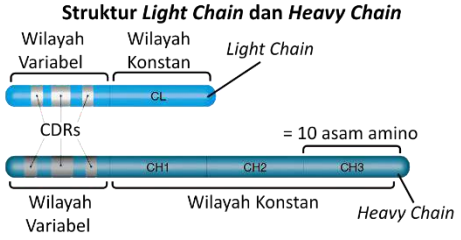


Sumber: Puspita Raras Anindita, dengan modifikasi

Antibodi (immunoglobulin/Ig) adalah protein yang dihasilkan oleh sel plasma (hasil diferensiasi sel B) sebagai respons terhadap antigen, dan berfungsi dalam sistem imun humoral untuk mengenali serta menetralkan zat asing.

Struktur Antibodi

Struktur *Light Chain* dan *Heavy Chain*



Sumber: Bio Rad Antibodies, dengan modifikasi

Antibodi memiliki struktur berbentuk "Y" yang terdiri dari:

A. Dua rantai berat (*Heavy Chains*, H)
- Menentukan kelas antibodi (IgG, IgA, IgM, IgE, IgD)
- Memiliki domain konstan yang berperan dalam fungsi efektor

B. Dua rantai ringan (*Light Chains*, L)
- Tipe κ (*kappa*) atau λ (*lambda*)
- Berperan dalam pengikatan antigen
- Keempat rantai ini dihubungkan oleh ikatan disulfida yang menjaga stabilitas struktur.

Setiap rantai memiliki dua jenis domain:

1. Domain Variabel (V *region*)
- Terletak di ujung N-terminal
- Mengandung daerah *hypervariable* (CDRs / *Complementarity Determining Regions*)
- Bertanggung jawab terhadap spesifisitas antigen

2. Domain Konstan (C *region*)
- Relatif stabil
- Menentukan fungsi biologis antibodi
- Berinteraksi dengan reseptor Fc dan sistem komplemen

(Lu et al., 2020; Wang et al., 2020).

Bagian Fungsional Antibodi	
Fragment antigen-binding	• Mengandung domain variabel • Bertanggung jawab dalam pengikatan antigen
Fragment crystallizable	• Mengandung domain konstan rantai berat • Berfungsi dalam: - Aktivasi sistem komplemen - Opsonisasi - ADCC (*Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity*)

Kelas Antibodi

Antibodi dibagi menjadi lima kelas utama:
- IgG → dominan dalam sirkulasi, respon sekunder
- IgA → mukosa dan sekresi (saliva, ASI)
- IgM → respon primer
- IgE → alergi dan infeksi parasit
- IgD → reseptor pada sel B

(Wang et al., 2020).

Struktur Lanjutan Berdasarkan Kelas

a. Monomer: IgG, IgE, IgD
b. Dimer: IgA (sekretori, dengan komponen J chain)
c. Pentamer: IgM (memiliki 10 situs pengikatan antigen → aviditas tinggi)

(Wang et al., 2020).

Struktur antibodi sangat menentukan fungsi biologisnya:
- Fab → spesifisitas pengenalan antigen
- Fc → aktivasi mekanisme efektor imun
- CDRs → pengikatan spesifik antigen
- Hinge → fleksibilitas

Antibodi berperan penting dalam:

- Respons imun primer → IgM dominan
- Respons imun sekunder → IgG dengan afinitas lebih tinggi
- Memori imun → respons lebih cepat saat paparan ulang

(Lu et al., 2020; Wang et al., 2020).

Daerah Hinge (Hinge Region)

- Terletak di antara Fab dan Fc
- Memberikan fleksibilitas struktur antibodi
- Memungkinkan antibodi mengikat antigen dengan berbagai orientasi

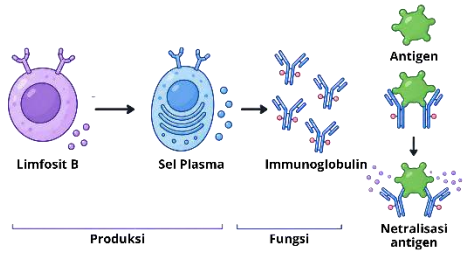
Situs Pengikatan Antigen

- Disebut paratop
- Berinteraksi dengan epitop pada antigen

- Dibentuk oleh kombinasi domain variabel rantai berat dan ringan

Menentukan spesifisitas tinggi

Immunoglobulin



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Immunoglobulin (Ig) adalah protein glikoprotein yang diproduksi oleh sel plasma (hasil diferensiasi limfosit B) dan berfungsi sebagai antibodi dalam sistem imun humoral untuk mengenali serta menetralisir antigen.

Struktur Immunoglobulin

Immunoglobulin memiliki struktur khas berbentuk huruf "Y" yang terdiri dari:

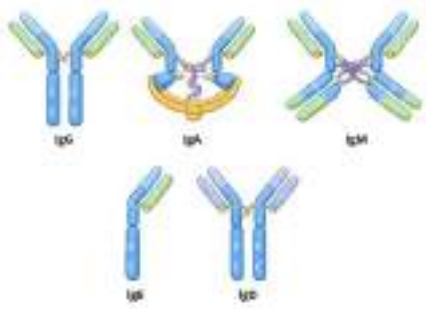
- 2 rantai berat (*heavy chains*)
- 2 rantai ringan (*light chains*)

Bagian utama:

- Fab (*Fragment antigen-binding*) → Mengikat antigen secara spesifik
- Fc (*Fragment crystallizable*) → Berperan dalam fungsi efektor (aktivasi komplemen, interaksi dengan sel imun)

Struktur ini memungkinkan antibodi memiliki spesifisitas tinggi dan fungsi efektor

Kelas Immunoglobulin



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Lima kelas utama immunoglobulin:

1. **IgG**
   - Paling banyak dalam serum
   - Dapat melewati plasenta
   - Berperan dalam respon sekunder
2. **IgA**
   - Terdapat pada sekresi mukosa (saliva, air mata, ASI)
   - Berfungsi melindungi permukaan mukosa
3. **IgM**
   - Antibodi pertama pada respon primer
   - Berbentuk pentamer
4. **IgE**
   - Berperan dalam reaksi alergi
   - Melawan infeksi parasit
5. **IgD**
   Berfungsi sebagai reseptor pada permukaan sel B

Immunoglobulin memiliki peran penting dalam bidang medis

1. Diagnostik → deteksi antibodi pada infeksi
2. Terapi → imunoglobulin intravena (IVIG), antibodi monoklonal
3. Vaksinasi → indikator keberhasilan imunisasi

Fungsi Immunoglobulin

1. Netralisasi
   Mengikat virus/toksin sehingga tidak dapat menginfeksi sel
2. Opsonisasi
   Mempermudah fagositosis oleh makrofag dan neutrofil
3. Aktivasi sistem komplemen
   Melalui jalur klasik
4. ADCC *(Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity)*
   Mengaktifkan sel NK untuk membunuh sel target

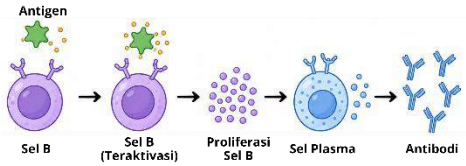
Peran dalam respon Imun

1. Respons primer → didominasi IgM
2. Respons sekunder → didominasi IgG dengan afinitas lebih tinggi

3. Membentuk memori imun untuk perlindungan jangka Panjang

(Vidarsson et al., 2021; Wang et al., 2020; Lu et al., 2020).

Biosintesisnya & Pemanfaatannya antibodi



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Biosintesis antibodi merupakan proses kompleks yang terjadi setelah aktivasi sel B oleh antigen.

A. Aktivasi Sel B

1. Antigen dikenali oleh B cell receptor (BCR)
2. Dibantu oleh sel T helper (untuk antigen *T-dependent*)
3. Terjadi aktivasi melalui interaksi CD40–CD40L dan sitokin

Menginisiasi respons imun humoral

B. Proliferasi dan Diferensiasi

1. Sel B mengalami clonal expansion
2. Berdiferensiasi menjadi:
   - Sel plasma → penghasil antibodi
   - Sel B memori → respons jangka Panjang

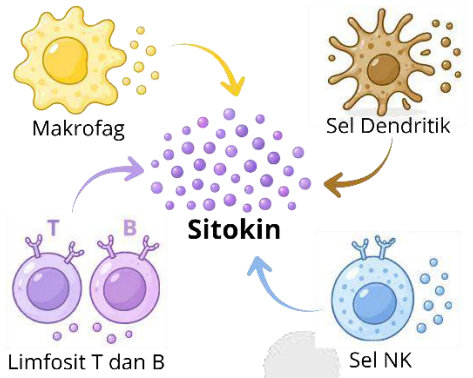
C. Sintesis Molekuler Antibodi

1. Terjadi di retikulum endoplasma kasar (RER)
2. Rantai berat dan ringan disintesis secara terpisah
3. Dirakit menjadi molekul immunoglobulin lengkap
4. Dimodifikasi di aparatus Golgi → disekresikan

D. Proses Lanjutan

1. *Class Switching (Isotype Switching)*
   - Perubahan dari IgM → IgG, IgA, atau IgE
   - Dipengaruhi oleh sitokin
2. *Somatic Hypermutation*
   - Mutasi pada gen variabel antibodi
   - Meningkatkan afinitas terhadap antigen
3. *Affinity Maturation*
   Seleksi sel B dengan afinitas tertinggi

8.8 SITOKIN & PERAN SITOKIN



Sumber: iStock, dengan modifikasi

Sitokin adalah kelompok protein kecil *(low molecular weight proteins)* yang berfungsi sebagai molekul sinyal *(signaling molecules)* dalam sistem imun.

Sitokin diproduksi oleh berbagai sel, antara lain:

1. Makrofag
2. Sel dendritik
3. Limfosit T dan B
4. Sel NK

Sitokin dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsi biologisnya:

1. ***Interleukin*** **(IL)**
   Diproduksi oleh leukosit
   Contoh: IL-1, IL-2, IL-6
2. ***Interferon*** **(IFN)**
   Berperan dalam respons antivirus
   Contoh: IFN-α, IFN-β, IFN-γ
3. ***Tumor Necrosis Factor*** **(TNF)**
   Mediator inflamasi utama
   Contoh: TNF-α
4. ***Chemokine***
   Mengatur migrasi sel imun
   Contoh: CXCL8 (IL-8)
5. ***Growth factors***
   Mengatur proliferasi dan diferensiasi sel
   Contoh: GM-CSF

Peran Sitokin dalam Sistem Imun Innate

A. Induksi Inflamasi

- Sitokin seperti IL-1, IL-6, TNF-α dilepaskan oleh makrofag
- Menyebabkan:
  - Demam
  - Peningkatan permeabilitas vaskular
  - Rekrutmen sel imun

Merupakan bagian dari respons inflamasi akut

B. Aktivasi Sel Imun Innate

- IFN-α dan IFN-β → menghambat replikasi virus
- IL-12 → mengaktifkan sel NK
- Sel NK kemudian menghasilkan IFN-γ

C. Kemotaksis

Chemokine (misalnya IL-8) menarik:

- Neutrofil
- Monosit ke lokasi infeksi

D. Aktivasi Fagositosis

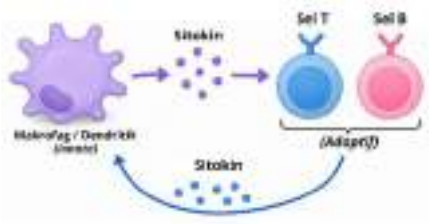
Sitokin meningkatkan kemampuan makrofag dalam:

- Menelan patogen
- Menghasilkan ROS dan enzim destruktif

Sitokin memiliki peran penting dalam mengatur respons imun spesifik

1. Diferensiasi Sel T
2. Aktivasi dan Proliferasi Sel T
3. Aktivasi Sel B
4. Pembentukan Memori Imun

Sitokin menjadi jembatan antara sistem imun innate dan adaptif:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

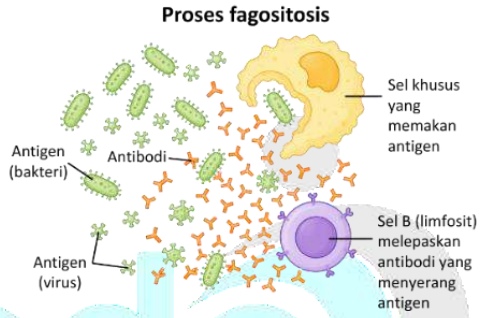
Terjadi hubungan timbal balik *(feedback loop)*. Ketidakseimbangan sitokin dapat menyebabkan penyakit: cytokine storm, penyakit Autoimun, inflamasi Kronis, berkontribusi pada penyakit degeneratif.

Sitokin dimanfaatkan dalam bidang medis untuk terapi: IFN untuk infeksi virus dan IL-2 untuk kanker

(O'Shea et al., 2021; Iwasaki & Medzhitov, 2021).

8.9 INTERAKSI ANTIGEN & ANTIBODI

Cara Antibodi Mengeliminasi Mikroba Penginvasi



Sumber: Encyclopaedia Britannica/Kara Rogers, dengan modifikasi

Antibodi tidak selalu membunuh mikroba secara langsung, tetapi memfasilitasi proses eliminasi oleh sistem imun.

Mekanisme Elmininasi oleh Antibodi:

- Netralisasi (N eutralization)
- Opsonisasi dan Fagositosis
- Aktivasi Sistem Komplemen
- *Antibody-Dependent Cellular Cytotoxicity* (ADCC)
- Aglutinasi dan Presipitasi
- Aktivasi Respon Inflamasi

Peran Berdasarkan Lokasi Infeksi

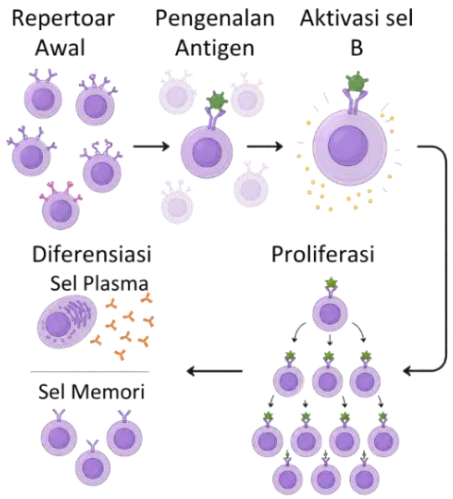
- **Mikroba Ekstraseluler**
  Dominan oleh: Netralisasi, Opsonisasi, Komplemen
- **Mikroba Intraseluler**
  Antibodi berperan melalui: ADCC dan Netralisasi sebelum masuk ke sel

Peran Berdasarkan Kelas Antibodi

- IgG → opsonisasi, ADCC, komplemen
- IgA → netralisasi di mukosa
- IgM → aktivasi komplemen kuat
- IgE → pertahanan terhadap parasit

(Vidarsson et al., 2021; Burton & Hangartner, 2022)

Seleksi Klonal



Sumber: Gambar dihasilkan oleh AI (Gemini), dengan modifikasi

Tahapan Seleksi Klonal Sel B

- Repertoar Awal (*Pre-existing Diversity*)
- Pengenalan Antigen
- Aktivasi Sel B
- Proliferasi (*Clonal Expantion*)
- Diferensiasi

Mekanisme Peningkatan Spesifisitas

Setelah seleksi klonal, terjadi proses lanjutan:

a. Somatic Hypermutation

- Mutasi pada gen variabel antibodi
- Menghasilkan variasi afinitas

b. Affinity Maturation

Seleksi sel B dengan afinitas tertinggi terhadap antigen

Hubungan Seleksi Klonal dan Spesifisitas Antibodi

Seleksi klonal memastikan bahwa:

- Hanya sel B yang sesuai dengan antigen yang berkembang
- Antibodi yang dihasilkan memiliki spesifisitas tinggi terhadap epitop tertentu

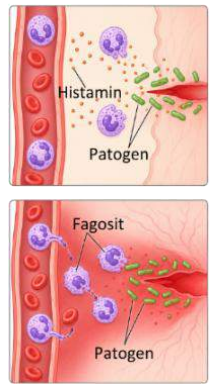
Signifikansi dalam Sistem Imun

Seleksi klonal berperan penting dalam:

a. Respons imun primer: Lambat, afinitas rendah
b. Respons imun sekunder: Cepat, afinitas tinggi (karena sel memori)

8.10 RESPONS IMUN DALAM SISTEM PERTAHANAN

Respons Imun Terhadap Bakteri Ekstraseluler



1. Sel mast mendeteksi adanya cedera pada sel-sel di sekitarnya dan melepaskan histamin, yang memicu respons inflamasi (peradangan).
2. Histamin meningkatkan aliran darah ke area luka, membawa sel fagosit dan sel imun lainnya untuk menetralisir patogen.

Sumber: CNX OpenStax, dengan modifikasi

Bakteri ekstraseluler adalah bakteri yang hidup dan berkembang biak di luar sel inang, seperti di: Cairan interstisial, Darah, Permukaan mukosa.

Contoh: *Streptococcus, Staphylococcus, Escherichia coli*. Respons imun terhadap bakteri ini terutama melibatkan:

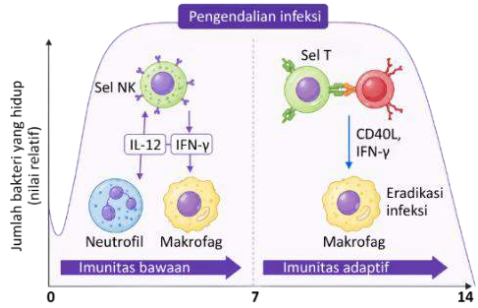
- Imunitas innate
- Imunitas humoral (antibodi)

(Palm & Medzhitov, 2021; Netea et al., 2020)

Mekanisme eliminasi bakteri:

1. Fagositosis oleh neutrofil dan makrofag
2. Opsonisasi oleh antibodi dan komplemen
3. Lisis oleh MAC
4. Netralisasi toksin
5. Rekrutmen sel imun melalui sitokin

Respons Imun Terhadap Bakteri Intraseluler



Sumber: Andrew Kiboneka/Researchgate, dengan modifikasi

Bakteri intraseluler adalah bakteri yang mampu hidup dan berkembang biak di dalam sel inang, terutama di dalam makrofag dan sel epitel.

Contoh: *Mycobacterium tuberculosis, Salmonella, Listeria monocytogenes*. Karena berada di dalam sel, bakteri ini terlindungi dari antibodi, sehingga respons imun utama adalah imunitas seluler (*cell-mediated immunity).*

Mekanisme Eliminasi

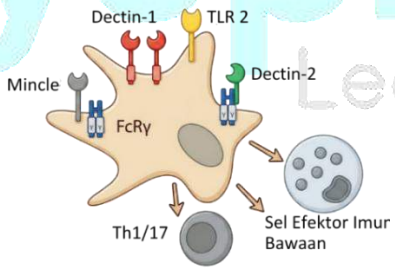
6. Aktivasi makrofag oleh IFN-γ
7. Pembunuhan bakteri intraseluler
8. Lisis sel terinfeksi oleh CD8+
9. Pembentukan granuloma

(Netea et al., 2020)

Perbandingan Bakteri Intraseluler dengan Bakteri Ekstraseluler

Aspek	Intraseluler	Ekstraseluler
Lokasi	Dalam sel	Luar sel
Respons utama	Seluler (Th1, CD8+)	Humoral (antibodi)
Mekanisme	Aktivasi makrofag	Opsonisasi, komplemen
Sitokin utama	IFN-γ	IL-17

Respons Imun Terhadap Jamur



Sel dendritik yang dihiasi dengan PRR antijamur.

Sumber: British Society for Immunology, dengan modifikasi

Jamur adalah mikroorganisme eukariotik yang dapat menyebabkan infeksi (mikosis), baik superfisial maupun sistemik.

Contoh: *Candida albicans, Aspergillus fumigatus, Cryptococcus neoformans*

Respons imun terhadap jamur melibatkan kombinasi:

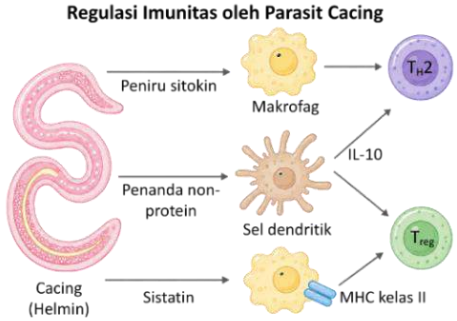
- Imunitas innate (utama pada tahap awal)
- Imunitas adaptif (khususnya sel T)

Mekanisme Eliminasi Jamur

1. Pengenalan oleh PRR
2. Aktivasi neutrofil dan makrofag
3. Fagositosis dan pembunuhan jamur
4. Aktivasi Th1 dan Th17
5. Produksi sitokin dan rekrutmen sel imun

(Gow et al., 2020; Lionakis & Levitz, 2022)

Respons Imun Terhadap Parasit



Sumber: Nature Reviews Immunology/Nat Rev Immunol, modifikasi

Parasit adalah organisme yang hidup pada atau di dalam tubuh inang dan memperoleh keuntungan dengan merugikan inangnya. Parasit dibagi menjadi:

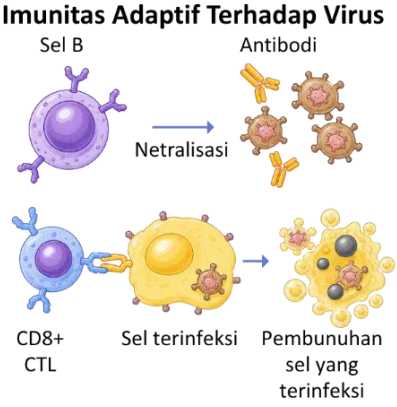
- **Protozoa** (misalnya Plasmodium, Entamoeba)
- **Helminth** (cacing) (misalnya Ascaris, Schistosoma)

Mekanisme Eliminasi Parasit

- Protozoa: Fagositosis, Aktivasi makrofag (IFN-γ), Lisis sel terinfeksi
- Helminth: Tidak dapat difagositosis (ukuran besar), eliminasi melalui: IgE, Eosinofil dan ADCC

(Maizels et al., 2020; Allen & Sutherland, 2021)

Respons Imun Terhadap Virus



Sumber: Andrew Kiboneka/Researchgate, dengan modifikasi

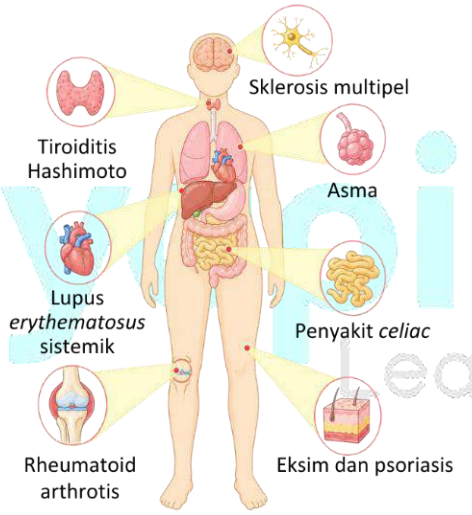
Virus adalah agen infeksius intraseluler obligat yang hanya dapat bereplikasi di dalam sel inang. Contoh: Influenza virus, SARS-CoV-2, dan HIV, karena virus berada di dalam sel, respons imun melibatkan Imunitas innate (awal) dan Imunitas adaptif (seluler dan humoral).

Mekanisme Eliminasi Virus

1. Pengenalan oleh PRR
2. Produksi interferon
3. Aktivasi sel NK
4. Aktivasi sel T CD8+
5. Produksi antibodi
6. Eliminasi virus dan sel terinfeksi

(Iwasaki & Medzhitov, 2021; Schoggins, 2021)

8.11 PENYAKIT AUTOIMUN



Sumber: Designua/Shutterstock, dengan modifikasi

Penyakit autoimun adalah manifestasi klinis dari autoimunitas yang menyebabkan kerusakan jaringan, inflamasi kronis, dan gangguan fungsi organ. Tidak semua autoimunitas menyebabkan penyakit, tetapi jika respons imun cukup kuat dan persisten, maka akan berkembang menjadi penyakit autoimun.

(Davidson & Diamond, 2020)

Klasifikasi Penyakit Autoimun

Organ - Spesifik	Sistemik
Menyerang satu organ tertentu: • Diabetes melitus tipe 1 → pankreas • *Graves' disease* → tiroid • *Multiple sclerosis* → sistem saraf	Menyerang banyak organ: • Lupus eritematosus sistemik (SLE) • Rheumatoid arthritis • Skleroderma

Mekanisme Kerusakan Jaringan

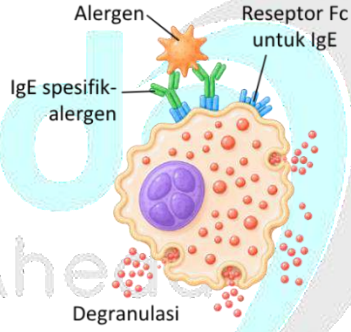
a. Hipersensitivitas Tipe II: Antibodi menyerang sel tubuh
b. Hipersensitivitas Tipe III: Kompleks imun mengendap di jaringan
c. Hipersensitivitas Tipe IV: Sel T menyebabkan kerusakan langsung

Perbedaan Autoimunitas vs Penyakit Autoimun

Aspek	Autoimunitas	Penyakit autoimun
Definisi	Respons imun terhadap sel	Manifestasi klinis
Dampak	Belum tentu merusak	Menyebabkan kerusakan
Contoh	Autoantibodi tanpa gejala	SLE, RA

8.12 REAKSI HIPERSENSITIVITAS

Reaksi Tipe I

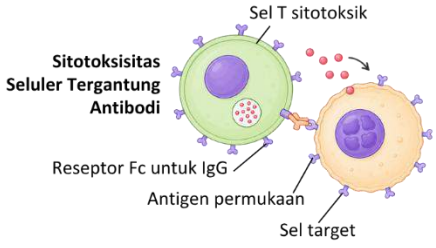


Sumber: OpenStax College - Anatomy & Physiology, dengan modifikasi

Hipersensitivitas segera dengan mekanisme dimediasi oleh IgE. Antigen (alergen) mengikat IgE pada Sel mast dan Basofil. Terjadi degranulasi → pelepasan Histamin dan Leukotrien. Onset cepat (menit) dan reaksi alergi akut. Contoh: Asma alergi, Rhinitis alergi, Anafilaksis.

(Stone et al., 2021)

Reaksi Tipe II



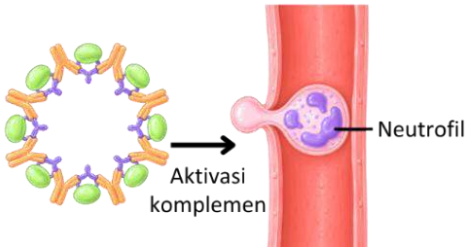
Sumber: OpenStax College - Anatomy & Physiology, dengan modifikasi

Hipersensitivitas sitotoksik dengan mekanisme dimediasi oleh IgG atau IgM dan Antibodi menyerang antigen pada permukaan sel dengan mengaktifkan Komplemen dan ADCC. Ciri reaksi tipe II, kerusakan langsung sel target. Contoh: Anemia hemolitik, Reaksi transfuse, Penyakit Graves.

(Abbas et al., 2021)

Reaksi Tipe III

Kompleks imun yang mengapung bebas

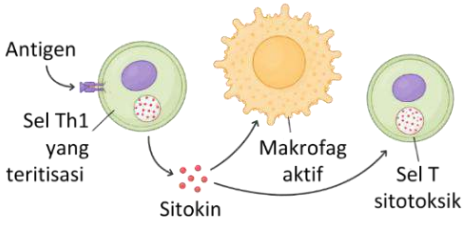


Sumber: OpenStax College - Anatomy & Physiology, dengan modifikasi

Hipersensitivitas kompleks imun dengan mekanisme terjadi kompleks antigen–antibodi terbentuk di sirkulasi dan mengendap di jaringan dengan mengaktifkan komplemen dan inflamasi. Pada reaksi ini terjadi kerusakan jaringan akibat deposisi kompleks imun. Contoh Lupus (SLE), Glomerulonefritis, Serum sickness.

(Stone et al., 2021)

Reaksi Tipe IV



Sumber: OpenStax College - Anatomy & Physiology, dengan modifikasi

Hipersensitivitas tipe lambat (delayed) dengan mekanisme yang dimediasi oleh sel T (bukan antibodi) dan Sel T melepaskan sitokin. Mengaktivasi Makrofag dan Sel T sitotoksik. Ciri reaksi ini onset lambat (24–72 jam). Contoh, Dermatitis kontak, Tuberkulin test, Diabetes melitus tipe 1.

(Abbas et al., 2021)

Perbedaan Utama Tipe Hipersensitivitas

Tipe	Mediator	Mekanisme	Waktu
I	IgE	Degranulasi mast cell	Cepat
II	IgG/IgM	Lisis sel	Jam - hari
III	Kompleks imun	Deposisi jaringan	Jam - hari
IV	Sel T	Inflamasi seluler	24 - 72 jam

8.13 DASAR IMUNOTERAPI

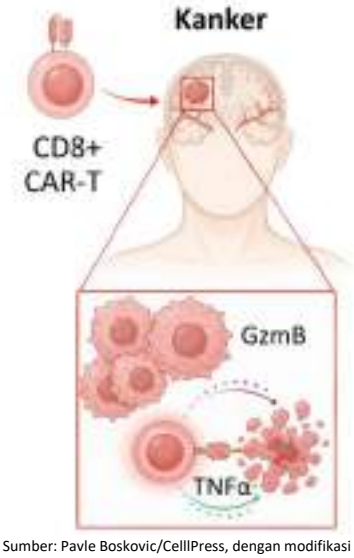
Imunoterapi Untuk Penyakit

Imunoterapi merupakan pendekatan terapi yang memanfaatkan sistem imun untuk mengenali, menargetkan, dan menghancurkan sel abnormal atau memodulasi respons imun pada berbagai penyakit.

(Waldman et al., 2020; June et al., 2021).

Aspek	Kanker	Degeneratif
Tujuan	Menghancurkan sel tumor	Mengurangi kerusakan jaringan
Mekanisme	Aktivasi imun	Modulasi imun
Target	Sel kanker	Protein Abnormal
Contoh	CAR-T, *checkpoint inhibitor*	Anti-β-amiloid

Imunoterapi Penyakit Kanker



Sumber: Pavle Boskovic/CellPress, dengan modifikasi

Mekanisme Kerja

Imunoterapi kanker bekerja dengan cara:

- Mengaktifkan kembali sel T yang terinhibisi

- Meningkatkan pengenalan antigen tumor
- Mengatasi mekanisme immune escape oleh sel kanker (June et al., 2021).

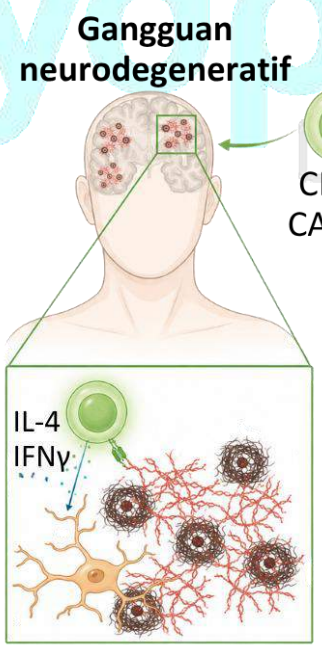
Jenis Imunoterapi Kanker

1. Immune Checkpoint Inhibitors
   - Target: PD-1, PD-L1, CTLA-4
   - Fungsi: menghilangkan hambatan pada aktivasi sel T

   Contoh klinis: nivolumab, pembrolizumab
2. Terapi Sel (CAR-T Cell Therapy)
   - Sel T dimodifikasi secara genetik
   - Efektif pada leukemia dan limfoma
3. Antibodi Monoklonal
   - Menargetkan antigen spesifik tumor
   - Memicu sitotoksisitas atau apoptosis
4. Vaksin Kanker

   Menginduksi respons imun terhadap antigen tumor

Imunoterapi Penyakit Degeneratif



Sumber: Pavle Boskovic/CelllPress, dengan modifikasi

Penyakit degeneratif seperti Alzheimer dan Parkinson melibatkan:

- Akumulasi protein abnormal
- Aktivasi inflamasi kronis

Imunoterapi berfungsi untuk memodulasi respons imun dan meningkatkan klirens protein patologis.

Mekanisme

- Eliminasi protein β-amiloid atau α-sinuklein
- Modulasi mikroglia dan inflamasi
- Regulasi respons imun sistem saraf pusat (Long & Holtzman, 2019).

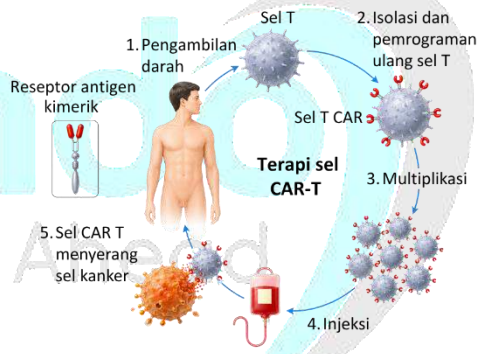
Pendekatan Terapi

1. Antibodi monoklonal
   - Menargetkan β-amiloid (Alzheimer)
   - Membantu pembersihan plak
2. Vaksin terapeutik

   Menginduksi antibodi terhadap protein abnormal
3. Imunomodulator

   Mengurangi neuroinflamasi

Terapi Sel T CAR



Sumber: Adobe Stock, dengan modifikasi

CAR-T Cell Therapy (*Chimeric Antigen Receptor T-cell therapy*) adalah bentuk imunoterapi yang menggunakan sel T pasien yang dimodifikasi secara genetik untuk mengenali dan menghancurkan sel kanker secara spesifik.

Mekanisme Kerja:

- CAR mengenali antigen tumor (misalnya CD19)
- Aktivasi sel T tanpa perlu presentasi MHC
- Sel T membunuh sel kanker melalui: pelepasan perforin & granzim, induksi apoptosis

(June et al., 2021)

FARMAKOGNOSI

9.1 RUANG LINGKUP

Pengertian



Sumber: Dreamstime, dengan modifikasi

Farmakognosi adalah ilmu farmasi yang mempelajari obat-obatan dari bahan alam, seperti tumbuhan, hewan, mineral, mikroorganisme, dan turunannya.

Kajian farmakognosi meliputi identitas, sumber, kandungan kimia, mutu, keamanan, serta pemanfaatan bahan alam sebagai obat.

Hubungan dengan Ilmu Farmasi Lainnya

Bidang Ilmu Farmasi	Hubungan dan Kontribusi
Fitokimia	Identifikasi senyawa aktif dan komponen bioaktif.
Farmakologi	Uji aktivitas, mekanisme kerja, khasiat bahan alam.
Toksikologi	Penilaian keamanan dan potensi toksisitas.
Mikrobiologi Farmasi	Uji aktivitas antimikroba dan penemuan agen baru.
Teknologi Farmasi	Pengembangan bahan alam menjadi sediaan yang stabil.
Farmasi Industri	Standardisasi, produksi, dan pengawasan mutu.
Bioteknologi Farmasi	Produksi senyawa bioaktif melalui teknik hayati.
Kimia Analitik	Profil kimia, kadar penanda, dan standardisasi.
Bioinformatika, *omics*, dan AI	Analisis data dan prediksi bioaktivitas bahan alam.

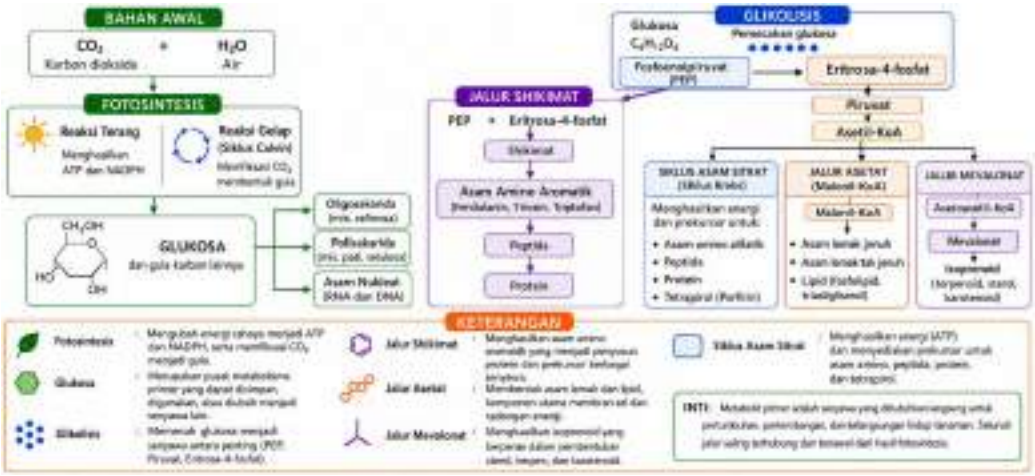
Metabolit Primer dan Sekunder

Metabolit Primer

Metabolit primer adalah senyawa hasil metabolisme dasar yang penting bagi pertumbuhan, perkembangan, reproduksi, dan kelangsungan hidup tanaman.

Ciri-Ciri Metabolit Primer	
1.	Esensial bagi kehidupan sel.
2.	Terdapat hampir pada semua organisme.
3.	Jumlahnya relatif besar.
4.	Berhubungan erat dengan metabolisme pusat.
5.	Menjadi prekursor pembentukan metabolit sekunder.

Biosintesis Metabolit Primer



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Biosintesis metabolit primer dimulai dari **fotosintesis**, yang menghasilkan ATP, NADPH, dan senyawa organik sederhana.

Jenis-Jenis Metabolit Primer	
1.	**Nukleotida dan Asam Nukleat**: penyusun DNA dan RNA serta berperan dalam transfer energi dan ekspresi gen.
2.	**Karbohidrat**: sumber dan cadangan energi serta komponen struktural.
3.	**Asam Amino dan Protein**: penyusun protein, enzim, dan berbagai komponen sel.
4.	**Lipid dan Asam Lemak**: cadangan energi, penyusun membran, pengatur fungsi fisiologis.

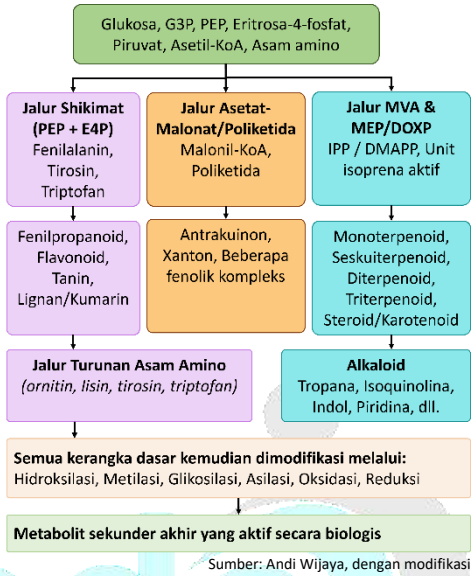
Golongan Metabolit Primer	Contoh dan Pemanfaatan Utama
Karbohidrat	Pati, selulosa; sebagai eksipien, penstabil formulasi, sistem penghantaran obat.
Lipid dan minyak nabati	Asam lemak, fosfolipid; digunakan sebagai vehikulum, emolien, basis salep, dan penghantaran obat berbasis lipid.
Asam amino	Glisin, arginin; sebagai penstabil sediaan, peningkat kelarutan, dan bahan nutrisi.
Protein	Albumin; dimanfaatkan dalam biofarmasetika, produk biologis, dan pembawa biomolekul.
Nukleotida dan turunannya	ATP, nukleosida, dan oligonukleotida; digunakan dalam bioteknologi, kultur sel, vaksin, dan terapi gen.
Peranan metabolik tidak langsung	Biomassa tanaman dan prekursor metabolit sekunder; mendukung produksi bahan baku obat dan budidaya tanaman obat.

Metabolit Sekunder

Metabolit sekunder adalah senyawa organik yang tidak berperan langsung dalam proses dasar pertumbuhan dan reproduksi, tetapi sangat penting bagi adaptasi ekologis tumbuhan.

Ciri-Ciri Metabolit Sekunder	
1.	Tidak universal, distribusinya spesifik.
2.	Kadarnya relatif rendah.
3.	Struktur kimianya sangat beragam.
4.	Dipengaruhi faktor lingkungan.
5.	Tersimpan pada jaringan tertentu.
6.	Berkaitan dengan fungsi biologis tertentu.
7.	Aktif secara biologis meskipun kadar kecil.
8.	Berperan dalam kelangsungan hidup tanaman.
9.	Bernilai tinggi dalam bidang farmasi.

Biosintesis Metabolit Sekunder



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Metabolit sekunder berasal dari metabolisme primer dan terbentuk melalui jalur khusus, seperti jalur shikimat, asetat-malonat, mevalonat, MEP, serta jalur asam amino.

Jenis-Jenis Metabolit Sekunder	
1.	**Fenolik:** Berasal dari jalur shikimate. Contoh: asam galat. Sebagai anti-oksidan, antiinflamasi, antimikroba, antikanker.
2.	**Terpenoid**: Berasal dari jalur MVA/MEP. Contoh: mentol. Sebagai antimikroba, antiinflamasi, antimalaria, antikanker, ekspektoran, imunomodulator.
3.	**Alkaloid:** Berasal dari turunan asam amino atau nukleotida. Contoh: vincristine. Sebagai analgesik, antispasmodik, antimalaria, antihipertensi, neuroaktif, antikanker.
4.	**Glikosida Jantung**: : Berasal dari jalur asetat-malonat. Contoh: digoksin. Sebagai kardiotonik, meningkatkan kontraksi jantung.
5.	**Kuinon & Antrakuinon**: Berasal dari jalur asetat-malonat. Contoh: digoksin dan digitoksin. Seabagai laksatif, antimikroba, antiinflamasi, sitotoksik.
6.	**Senyawa Sulfur & Glukosinolat**: Berasal dari turunan asam amino sulfur**.** Contoh: sinigrin. Sebagai antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, kardioprotektif, antikanker.
7.	**Saponin**: Berasal dari jalur mevalonat**.** Contoh: ginsenosida dan glisirhizin. Sebagai

	ekspektoran, imunomodulator, antiinflamasi, antimikroba, hipokolesterolemik.

Jenis Metabolit Sekunder	Asal Tanaman, Contoh Senyawa, dan Pemanfaatan
Alkaloid vinka	*Catharanthus roseus*; vincristine; antimitotik dan antikanker.
Diterpenoid taksan	*Taxus* spp.; paclitaxel; antikanker.
Glikosida jantung	*Digitalis* spp.; digoksin; kardiotonik dan pengontrol laju ventrikel.
Glikosida antrakuinon	*Senna alexandrina*/*Cassia angustifolia*; sennosida; laksatif.
Alkaloid kuinolina	*Cinchona* spp.; kuinin; antimalaria.

Perbedaan Metabolit Primer dan Sekunder pada Tanaman

Aspek	Metabolit Primer dan Sekunder
Definisi	**Primer:** untuk metabolisme dan pertumbuhan. **Sekunder:** untuk adaptasi dan pertahanan.
Peran utama	**Primer:** penyedia energi dan penyusun sel. **Sekunder:** perlindungan dan interaksi ekologis.
Distribusi dalam tumbuhan	**Primer:** hampir di semua sel. **Sekunder:** spesifik pada organ atau jaringan tertentu.
Kadar dalam tanaman	**Primer:** relatif tinggi dan stabil. **Sekunder:** lebih rendah dan bervariasi.
Keterkaitan dengan pertumbuhan	**Primer:** berhubungan langsung dengan pertumbuhan. **Sekunder:** mendukung adaptasi dan ketahanan.
Jalur biosintesis	**Primer:** melalui metabolisme utama. **Sekunder:** melalui jalur shikimat, asetat-malonat, mevalonat, dan MEP/DOXP.
Lokalisasi dalam jaringan	**Primer:** tersebar luas. **Sekunder:** terlokalisasi pada organ atau jaringan tertentu.
Keragaman struktur kimia	**Primer:** lebih sederhana. **Sekunder:** lebih beragam dan kompleks.
Contoh golongan dan senyawa	**Primer:** karbohidrat, protein, lipid (glukosa, pati). **Sekunder:** alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin (morfin, kurkumin, digoksin).
Nilai biologis dan farmakologi	**Primer:** nutrien dan komponen metabolisme. **Sekunder:** memiliki aktivitas farmakologis spesifik.
Nilai dalam bidang farmasi dan farmakognosi	**Primer:** sebagai eksipien dan bahan formulasi. **Sekunder:** sebagai senyawa aktif, marker standardisasi, dan sumber bahan baku obat alam.

9.2 SIMPLISIA

Pengertian



Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Dalam farmakognosi, simplisia merupakan bahan alam yang masih mempertahankan bentuk aslinya dan belum diubah menjadi senyawa murni.

Macam-Macam Simplisia

Simplisia Nabati



Bunga Cengkeh



Daun Jeruk Purut

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Simplisia nabati merupakan bahan baku utama dalam farmakognosi untuk pembuatan ekstrak, obat tradisional, obat herbal terstandar, dan fitofarmaka.

Contoh dan Pemanfaatan Simplisia Nabati	
1.	**Daun alamanda:** Bahan baku simplisia dan ekstrak terstandar dengan penanda kuersetin-3-O-arabinosida.
2.	**Akar alang-alang:** Bahan baku simplisia dan ekstrak dengan parameter kumarin total.
3.	**Bunga cengkeh:** Sumber minyak atsiri dan eugenol untuk bahan baku herbal dan ekstrak terstandar.
4.	**Daun jeruk purut:** Bahan baku simplisia/ekstrak terstandar dengan senyawa identitas hesperidin.

5.	**Biji jinten hitam:** Bahan baku herbal dan ekstrak dengan penanda stigmasterol.
6.	**Herba kangkung air:** Bahan baku simplisia dan ekstrak dengan standar flavonoid total.
7.	**Rimpang kunyit putih:** Sumber zerumbon dan minyak atsiri untuk standardisasi ekstrak herbal.
8.	**Buah cabe rawit:** Sumber kapsaisin untuk bahan baku simplisia, ekstrak terstandar, dan penelitian farmasi.

Bentuk Simplisia Nabati	Penjelasan
Tumbuhan utuh	Seluruh bagian tumbuhan digunakan sebagai simplisia.
Bagian tumbuhan	Bagian tertentu yang digunakan, seperti akar, rimpang, daun, bunga, buah, biji, kulit batang, atau batang.
Eksudat tumbuhan	Zat yang keluar dari tumbuhan secara alami atau melalui perlakuan tertentu dan mewakili simplisia tidak terorganisasi.

Simplisia Hewani


Minyak Hati Ikan Kod


Lilin Lebah Kuning

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Simplisia hewani adalah bahan yang berasal dari hewan utuh, bagian hewan, atau zat yang dihasilkan hewan dan belum diolah menjadi senyawa murni.

Contoh dan Pemanfaatan Simplisia Hewani	
1.	**Lemak bulu domba murni (lanolin):** Emolien, basis salep/krim, dan pelindung kulit pada sediaan topikal.
2.	**Minyak hati ikan kod:** Sumber vitamin A, vitamin D, dan lipid bioaktif untuk suplemen serta produk nutraseutikal.
3.	**Lilin lebah kuning:** Pengental, pengeras, dan bahan dasar salep atau krim.
4.	**Gelatin:** Bahan utama cangkang kapsul dan matriks berbagai sistem penghantaran obat.
5.	**Madu:** Bahan pendukung sediaan topikal untuk perawatan luka dan sebagai bahan tambahan formulasi farmasi.

Bentuk Simplisia Hewani	Penjelasan
Hewan utuh atau bagian hewan	Hewan utuh atau bagian tubuh hewan yang dimanfaatkan sebagai bahan farmasi.
Sekret/produk alami hewan	Produk yang dihasilkan hewan, seperti madu dan lilin lebah, yang digunakan setelah pengolahan sederhana.
Fraksi lipid atau hasil olahan sederhana jaringan hewan	Fraksi atau hasil olahan jaringan hewan, seperti lanolin, minyak hati ikan, dan gelatin.

Simplisia Pelikan/Mineral


Kaolin


Parafin padat

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Simplisia pelikan atau mineral adalah simplisia yang berasal dari bahan mineral atau bahan nonhayati dan digunakan dalam bentuk sederhana tanpa diolah menjadi senyawa sintetis.

Contoh dan Pemanfaatan Simplisia Mineral	
1.	**Kaolin:** Adsorben dan bahan tambahan farmasi, serta pelindung kulit pada topikal.
2.	**Bentonit:** Pensuspensi, pembentuk gel, dan carrier pada sistem penghantaran obat.
3.	**Talk:** Glidan, antiadheren, dan bahan pembantu pada sediaan padat.
4.	**Sulfur (belerang):** Bahan dermatologis, terutama sediaan antijerawat & keratolitik.
5.	**Besi:** Sumber besi dalam suplemen dan terapi defisiensi besi.
6.	**Parafin cair:** Emolien, pelumas, basis sediaan topikal, dan laksatif pelumas.
7.	**Parafin padat:** Pengeras dan pembentuk konsistensi pada basis salep, krim, dan sediaan semisolid.

Bentuk Simplisia Mineral	Penjelasan
Mineral anorganik alami	Mineral alami seperti kaolin, bentonit, talk, sulfur, dan mineral besi
Mineral fungsional untuk formulasi	Mineral yang berfungsi sebagai adsorben, astringen, pensuspensi, pengental, atau carrier obat.
Fraksi mineral/petroleum farmasetis	Fraksi mineral seperti *paraffinum liquidum* dan *paraffinum solidum* yang

	digunakan pada sediaan topikal, oftalmik, dan sebagai laksatif pelumas.

Sumber Simplisia



Sumber: wilanpharm.weebly, dengan modifikasi

Dalam farmakognosi, sumber ini tidak hanya dibatasi pada kategori biologis, tetapi juga pada cara perolehannya, seperti budidaya, pengumpulan liar, hasil ternak, hasil perairan, penambangan, atau pemurnian sederhana bahan alam.

Tahap-Tahap Pembuatan Simplisia



Sumber: Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

1.	**Pemanenan:** Peroleh bahan bermutu. Perhatikan identitas, umur, asal, dan waktu panen.
2.	**Sortasi basah:** Memisahkan dari pengotor. Perhatikan kebersihan, kematangan, dan fisik. Lakukan pemeriksaan visual.
3.	**Pencucian:** Menghilangkan kotoran dan kontaminan. Gunakan air bersih.
4.	**Perajangan:** Menyeragamkan ukuran dan mempercepat pengeringan. Kontrol ketebalan rajangan dan kondisi alat.
5.	**Pengeringan:** Turunkan kadar air agar aman disimpan. Pantau suhu, waktu, dan kadar air.
6.	**Sortasi kering:** Menjamin mutu simplisia. Periksa warna, bau, kekeringan, jamur, dan bahan asing.
7.	**Pengemasan:** Melindungi simplisia dari lingkungan. Pastikan kemasan sesuai, kering, dan berlabel.
8.	**Penyimpanan**: Menjaga mutu hingga digunakan. Kendalikan suhu, kelembapan, hama, dan terapkan FIFO/FEFO.

Metode Pengeringan Smplisia

Metode	Penjelasan
Kering angin	Murah dan cocok untuk bahan peka panas, tetapi prosesnya lambat.
Kering matahari	Mudah dan ekonomis, tetapi dipengaruhi cuaca dan sinar UV.
Kering oven	Cepat &higienis, tetapi suhu tinggi dapat merusak senyawa aktif.
Kering vakum	Baik untuk bahan peka panas, tetapi memerlukan peralatan mahal.
Microwave drying	Cepat dan efisien, tetapi pemanasan dapat tidak merata.
Freeze-drying	Mempertahankan senyawa aktif dengan baik, tetapi mahal dan lama.
Infrared drying	Pengeringan cepat, tetapi berisiko menyebabkan pemanasan berlebih pada permukaan.

9.3 KARBOHIDRAT

Definisi dan Karakteristik

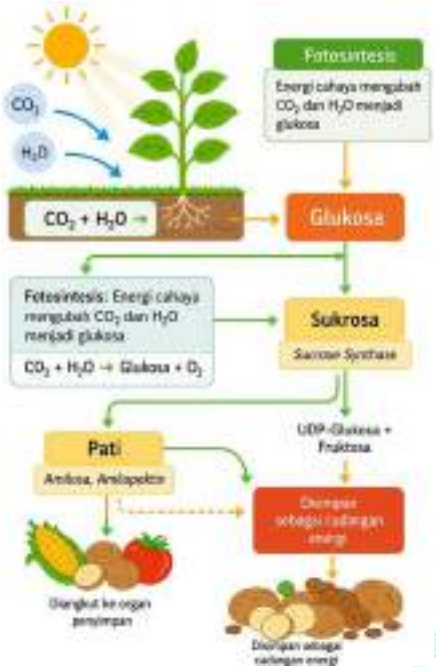


Sumber: Shutterstock, dengan modifikasi

Karbohidrat adalah makronutrien yang tersusun atas **karbon, hidrogen, dan oksigen** serta menjadi **sumber energi utama tubuh**. pengatur metabolisme glukosa, serta komponen penting berbagai struktur biologis.

Karakteristik utama karbohidrat	
1.	Tersusun atas unsur C, H, dan O.
2.	Menjadi sumber energi utama melalui pembentukan glukosa.
3.	Memiliki struktur sederhana-kompleks**.**
4.	**Kecepatan pencernaan berbeda-beda**, sehingga memengaruhi kadar glukosa darah.
5.	**Sebagian memiliki rasa manis**, terutama monosakarida dan disakarida.
6.	**Berfungsi sebagai cadangan energi**, disimpan sebagai glikogen pada hati & otot.
7.	Tidak semua dapat dicerna, seperti **serat pangan**.
8.	Memiliki **fungsi struktural** dalam sel dan jaringan.
9.	Kualitasnya berpengaruh pada **kesehatan**.
10.	Banyak dalam bahan pangan sehari-hari.

Biosintesis Karbohidrat

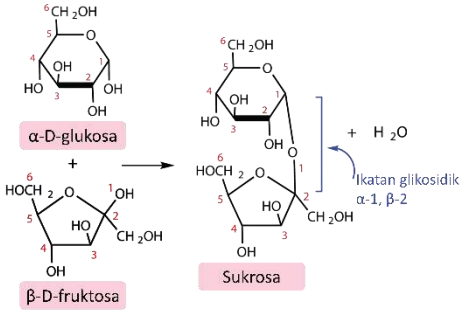


Sumber: Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Pada tumbuhan, biosintesis karbohidrat dimulai melalui **fotosintesis**. Energi cahaya digunakan untuk menghasilkan ATP dan NADPH yang kemudian dimanfaatkan dalam **siklus Calvin** untuk mengikat karbon dioksida menjadi senyawa organik sederhana.

Penggolongan Karbohidrat

Berdasarkan Jumlah Unit Gula

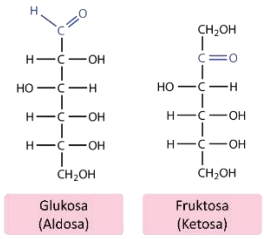


Disakarida: Struktur dan Pembentukan Sukrosa

Sumber: Lumen Learning, dengan modifikasi

1.	**Monosakarida:** karbohidrat paling sederhana dan sumber energi cepat. Contoh: glukosa, fruktosa, galaktosa.
2.	**Disakarida:** tersusun dua monosakarida. Contoh: sukrosa, laktosa, maltosa.
3.	**Oligosakarida:** terdiri atas 3-10 unit monosakarida
4.	**Polisakarida:** berfungsi sebagai cadangan energi dan komponen struktural. Contoh: pati, glikogen, selulosa.

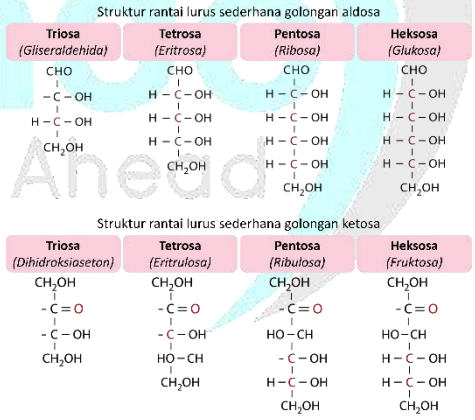
Penggolongan Berdasarkan Gugus Fungsi



Sumber: xxx, dengan modifikasi

1.	**Aldosa:** monosakarida yang memiliki gugus aldehid (-CHO). Contohnya glukosa, galaktosa, ribosa, dan eritrosa.
2.	**Ketosa:** monosakarida yang memiliki gugus keton (C=O), umumnya pada karbon kedua. Contohnya fruktosa, dihidroksiaseton, eritrulosa, dan ribulosa.

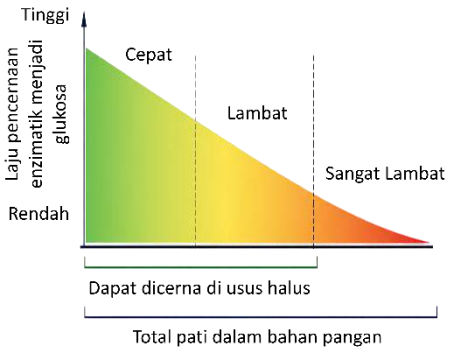
Berdasarkan Jumlah Atom Karbon



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**Triosa (3 atom karbon)**: monosakarida paling sederhana yang berperan sebagai intermediat metabolisme. Contoh: gliseraldehida dan dihidroksiaseton.
2.	**Tetrosa (4 atom karbon)**: berperan dalam beberapa jalur biokimia. Contoh: eritrosa dan eritrulosa.
3.	**Pentosa (5 atom karbon)**: penting sebagai penyusun asam nukleat dan jalur pentosa fosfat. Contoh: ribosa, deoksiribosa, dan ribulosa.
4.	**Heksosa (6 atom karbon)**: golongan monosakarida yang paling umum dan berfungsi sebagai sumber energi utama. Contoh: glukosa, fruktosa, dan galaktosa.

Berdasarkan Tingkat Kecernaan

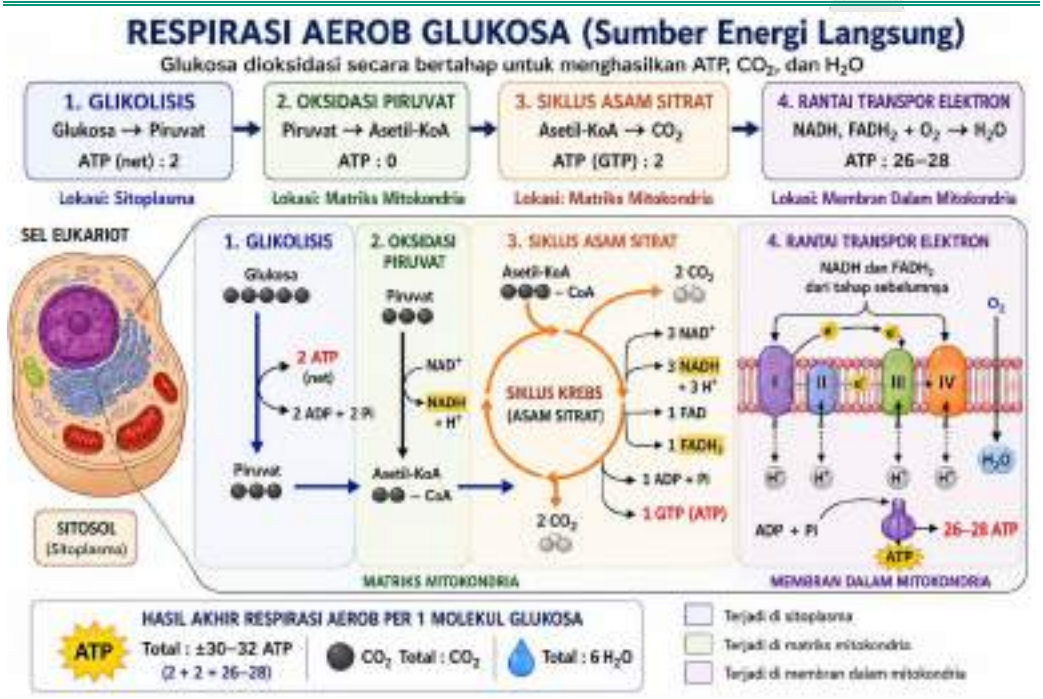


Klasifikasi Karbohidrat (Pati) Berdasarkan Tingkat Kecernaan

Gambar dihasilkan menggunakan AI (Gemini), modifikasi

1.	**Karbohidrat Tercerna Cepat:** Cepat dihidrolisis dan diserap di usus halus sehingga segera meningkatkan kadar glukosa darah. Berfungsi sebagai sumber energi cepat, tetapi konsumsi berlebihan menyebabkan lonjakan glikemik.
2.	**Karbohidrat Tercerna Lambat** **Dicerna:** dicerna secara bertahap di usus halus sehingga pelepasan glukosa lebih stabil. Jenis ini membantu menjaga kontrol glukosa darah dan memberikan energi yang lebih berkelanjutan.
3.	**Karbohidrat Tidak Tercerna atau Sukar Dicerna:** tidak dipecah sempurna di usus halus, seperti serat pangan, *resistant starch*, dan oligosakarida non-digestible. Berperan dalam kesehatan usus dan mikrobiota.

Berdasarkan Fungsi Biologis

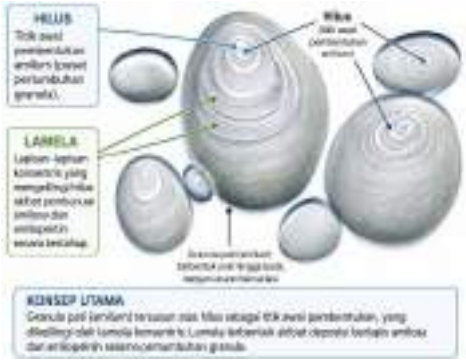


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sumber energi langsung	Glukosa menjadi bahan bakar utama sel, terutama otak, saraf, dan eritrosit.
Cadangan energi	Disimpan sebagai pati pada tumbuhan dan glikogen pada hewan/manusia.
Komponen struktural	Selulosa, glikosaminoglikan, dan proteoglikan membentuk serta mempertahankan struktur jaringan.

Pengenalan & komunikasi sel	Glikoprotein dan glikolipid berperan dalam adhesi, signaling, respons imun, glikokaliks.
Pelindung & pelumas biologis	Mukin dan glikosaminoglikan melindungi mukosa, melumasi sendi, dan mempertahankan hidrasi jaringan.
Komponen molekul penting	Ribosa dan deoksiribosa adalah penyusun RNA dan DNA untuk penyimpanan informasi genetik.

Histologi

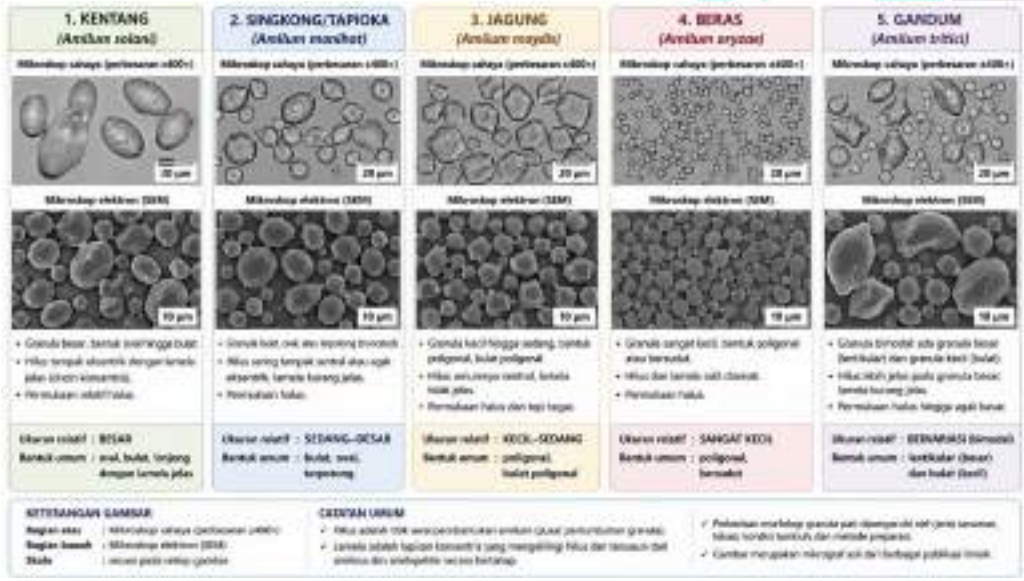


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Dalam konteks bab karbohidrat, histologi dipahami sebagai kajian mengenai keberadaan, distribusi, fungsi, dan visualisasi karbohidrat di dalam jaringan. Karbohidrat dalam jaringan tidak hanya hadir sebagai glikogen cadangan energi, tetapi juga sebagai bagian dari glikoprotein, glikolipid, proteoglikan, glikosaminoglikan, dan lapisan glikokaliks pada permukaan sel

Ciri Mikroskopis	Penjelasan
Bentuk granula	Dapat berbentuk bulat, oval, elipsoid, lentikular, poligonal, terpotong, atau tidak beraturan; merupakan ciri identifikasi awal.
Hilum	Titik awal pembentukan granula; dapat tampak jelas atau samar dengan posisi sentral atau eksentrik.
Lamela	Lapisan konsentris yang terbentuk selama pertumbuhan granula; umumnya lebih jelas pada granula besar.
Ukuran granula	Bervariasi antarspesies; dapat kecil, sedang, atau besar dan menjadi ciri pembeda.
Pemisahan ganda (birefringensi)	Granula utuh menunjukkan pola silang terang-gelap di bawah cahaya terpolarisasi; hilangnya pola menandakan kerusakan atau gelatinisasi.

Ciri Mikroskopis Beberapa Amilum



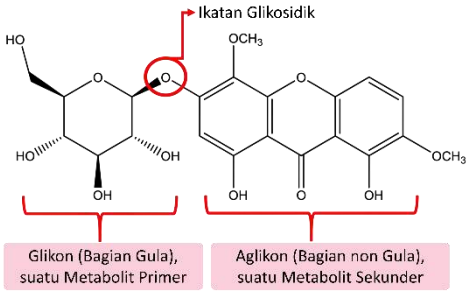
Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Jenis Amilum	Nama Latin	Bentuk Dominan Granula	Hilum	Lamela	Ciri Mikroskopis Khas
Pati kentang	Amilum solani	Oval, elipsoid, ovoid, kadang seperti buah pir	Eksentrik, umumnya jelas	Jelas, konsentris	Granula besar, hilum eksentrik, lamela mudah diamati
Pati jagung	Amilum maydis	Poligonal, polihedral, bulat-poligonal	Sentral kecil / kurang tegas	Umumnya tidak jelas	Granula serealia kecil-sedang, tepi tegas, bentuk poligonal dominan

Pati beras	Amilum oryzae	Angular, poligonal, sangat kecil	Sering sukar diamati	Sering sukar diamati	Granula paling kecil, tampak rapat dan bersudut
Pati singkong	Amilum manihot	Bulat, oval, truncated, agak tidak beraturan	Cukup jelas	Samar	Banyak granula membulat dengan ujung terpotong
Pati gandum	Amilum tritici	Granula A lentikular besar; granula B kecil bulat	Lebih mudah pada granula besar	Tidak sejelas kentang	Distribusi bimodal: granula besar dan kecil dalam satu sampel

9.4 GLIKOSIDA 1

Definisi dan Karakteristik



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

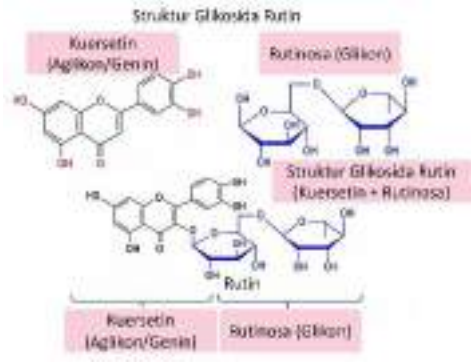
Glikosida adalah metabolit sekunder yang tersusun atas **glikon (gula)** dan **aglikon (non-gula)** yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik. Saat dihidrolisis, glikosida akan terurai menjadi kedua komponen tersebut.

Unsur Dasar Penyusun dan Karakter Umum Glikosida

Aspek	Uraian
Komponen utama	Glikon (bagian gula) + aglikon/ genin (bagian non-gula)
Ikatan utama	Ikatan glikosidik pada karbon anomerik gula
Bentuk stereokimia	α-glikosida atau β-glikosida; bentuk β dominan pada tumbuhan
Peran glikon	Meningkatkan polaritas, kelarutan, dan memengaruhi distribusi
Peran aglikon	Menentukan aktivitas farmakologis utama
Sifat umum	Banyak yang amorf/kristalin; relatif lebih polar daripada aglikonnya
Reaksi penting	Hidrolisis asam atau enzimatik
Makna farmakognostik	Penanda kimia, sumber senyawa aktif, dan komponen pertahanan tumbuhan

Penggolongan Glikosida 1

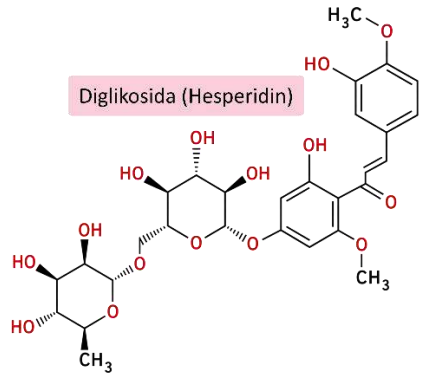
Berdasarkan Jenis Glikon



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**Glukosida:** mengandung glukosa sebagai glikon. Contoh: sinigrin dan arbutin.
2.	**Rhamnosida (Rutinosida):** mengandung rhamnosa atau rutinosa. Contoh: rutin, hesperidin, dan naringin; bersifat antioksidan dan antiinflamasi.
3.	**Digitoksosida dan Glikosida Gula Deoksi:** terdapat pada glikosida jantung, seperti digitoksin dan digoksin, yang meningkatkan kontraksi jantung.

Berdasarkan Jumlah Unit Gula

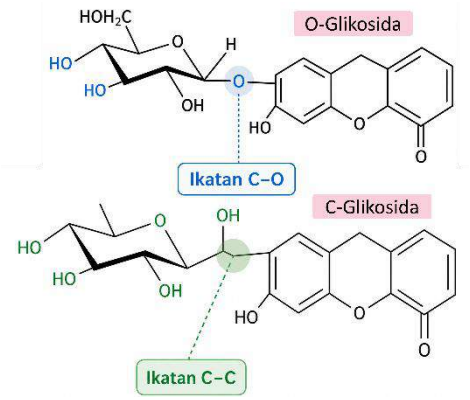


Sumber: xxx, dengan modifikasi

1.	**Monoglikosida:** Mengandung satu unit gula. Strukturnya sederhana dan lebih mudah dianalisis. Contoh: arbutin dan salisin.

2.	**Diglikosida:** Mengandung dua unit gula atau satu disakarida. Contoh: rutin dan hesperidin. Umumnya lebih polar dari monoglikosida.
3.	**Triglikosida dan Oligoglikosida:** Mengandung tiga atau lebih unit gula. Contohnya terdapat pada beberapa glikosida jantung dan saponin.

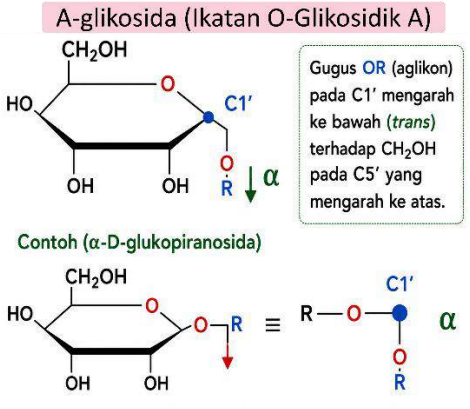
Berdasarkan Jenis Ikatan Glikosidik



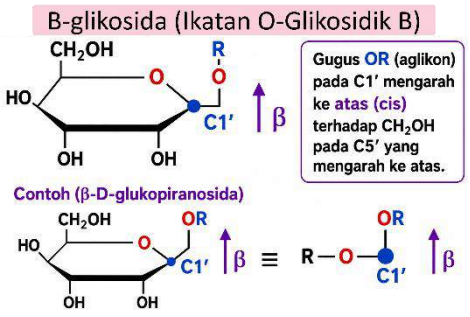
Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**O-glikosida:** gula terikat pada aglikon melalui oksigen. Contoh: digoksin, digitoksin, rutin; mudah dihidrolisis dan bersifat kardiotonik, antioksidan, atau antiinflamasi.
2.	**N-glikosida:** gula terikat melalui nitrogen. Contoh: nukleosida; lebih dibahas dalam klasifikasi kimia.
3.	**S-glikosida (Tioglikosida):** gula terikat melalui sulfur. Contoh: sinigrin, sinalbin; setelah hidrolisis menghasilkan isothiocyanate antimikroba.
4.	**C-glikosida:** gula terikat langsung melalui ikatan C–C. Contoh: flavonoid C-glikosida; lebih stabil terhadap hidrolisis.

Berdasarkan Konfigurasi Stereokimia



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

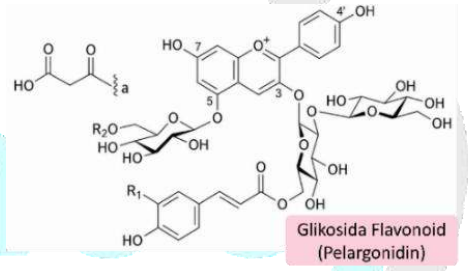


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**α-Glikosida:** konfigurasi α, jarang ditemukan pada tumbuhan.
2.	**β-Glikosida:** konfigurasi β, paling umum; termasuk glikosida jantung dan flavonoid glikosida.

9.5 GLIKOSIDA 2

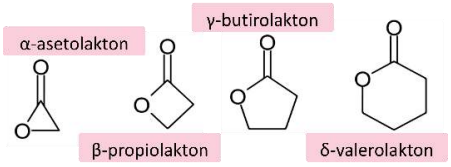
Penggolongan Glikosida 2



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Jenis Glikosida	Karakteristik dan Contoh
Glikosida Jantung	Aglikon steroid dengan cincin lakton, berefek inotropik positif. Contoh: digoksin, digitoksin.
Glikosida Antrakuinon	Aglikon turunan antrakuinon/ antron, digunakan sebagai laksatif. Contoh: sennosida A-B.
Glikosida Saponin	Aglikon sapogenin steroid atau triterpenoid, menghasilkan busa dalam air. Contoh: glycyrrhizin, dioscin, asiaticoside, ginsenosides.
Glikosida Sianogenik	Melepaskan HCN setelah hidrolisis. Contoh: amygdalin, linamarin, lotaustralin.
Glikosida Isothiocyanate (Tioglikosida/ Glukosinolat)	Mengandung sulfur dan nitrogen, menghasilkan isothiocyanate setelah hidrolisis. Contoh: sinalbin.
Glikosida Flavonoid	Flavonoid yang terikat gula (O- atau C-glikosida). Contoh: pelargonidin, rutin, hesperidin, naringin, quercitrin.
Glikosida Fenolik	Memiliki aglikon fenolik dengan aktivitas terapetik. Contoh: arbutin, salisin, populin.

Golongan Tambahan Klasifikasi Klasik

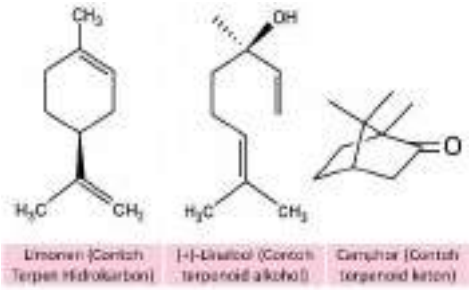


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**Glikosida Alkohol:** Memiliki aglikon berupa alkohol. Contohnya **coniferin.**
2.	**Glikosida Aldehida:** Memiliki aglikon aldehida. Contohnya glucovanillin pada tanaman vanila.
3.	**Glikosida Lakton:** Memiliki aglikon berupa lakton. Contohnya aesculin dan scopolin yang ditemukan pada beberapa spesies *Aesculus.*

9.6 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 1

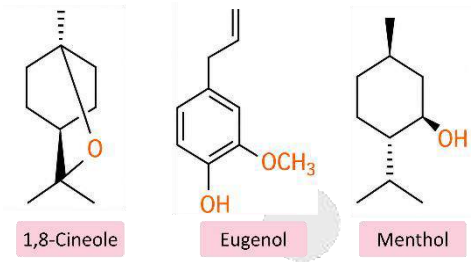
Terpenoid



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Terpenoid adalah metabolit sekunder berbasis isoprena yang berperan dalam pertahanan tumbuhan dan memiliki berbagai aktivitas farmakologis.

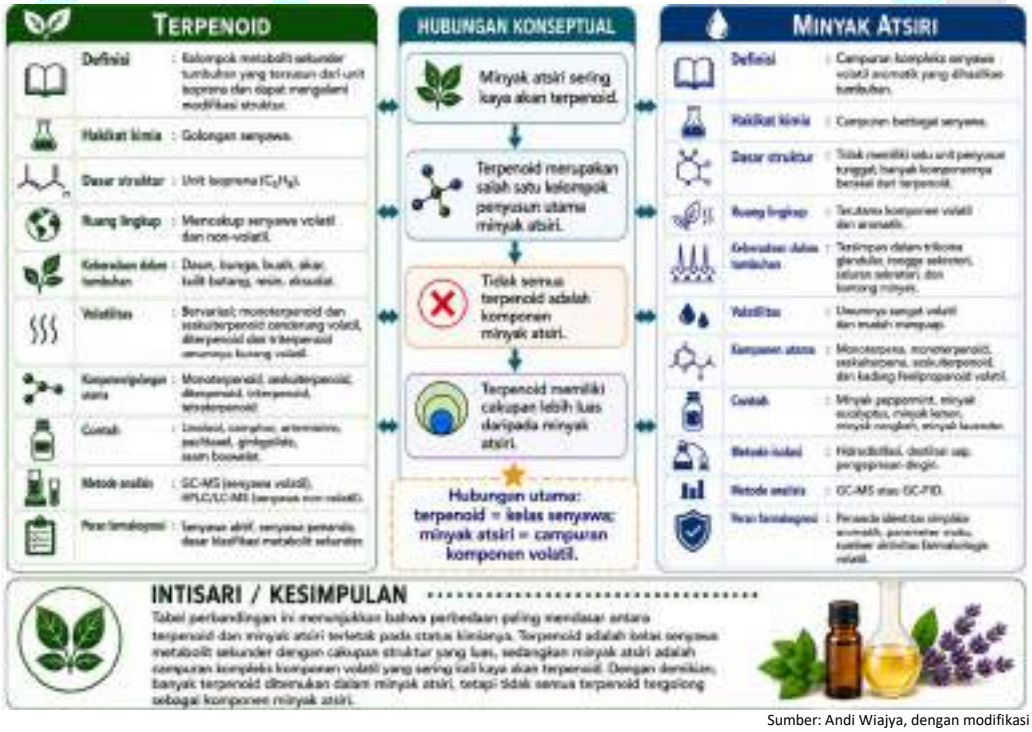
Minyak Atsiri



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Minyak atsiri adalah senyawa volatil beraroma khas tumbuhan yang kaya terpenoid dan digunakan sebagai antimikroba, antiseptik, perisa, serta pewangi.

Perbedaan Terpenoid dan Minyak Atsiri



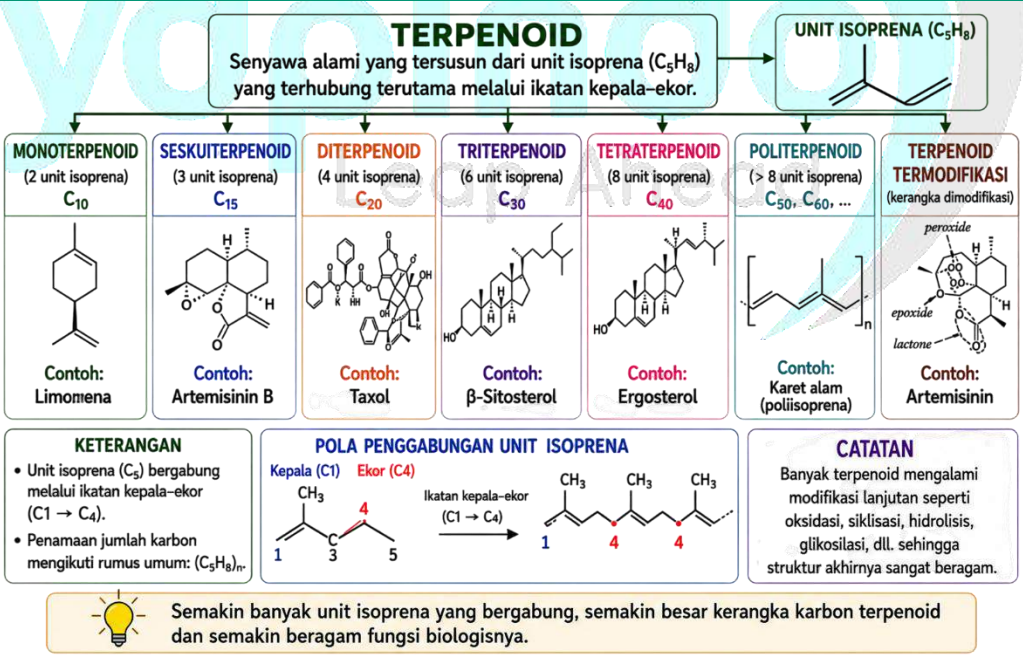
Sumber: Andi Wiajya, dengan modifikasi

Aspek	Terpenoid	Minyak Atsiri
Definisi	Metabolit sekunder turunan isoprena	Campuran senyawa volatil beraroma
Hakikat kimia	Golongan senyawa	Campuran berbagai senyawa
Struktur dasar	Unit isoprena (C_5H_8)	Didominasi terpenoid
Ruang lingkup	Mencakup senyawa volatil dan non-volatil	Hanya senyawa volatil
Hubungan dengan tumbuhan	Dapat bersifat volatil maupun non-volatil	Umumnya volatil
Volatilitas	Cairan, resin, atau padatan	Cairan aromatik mudah menguap
Karakter fisik	Mono-, seskui-, di-, dan triterpenoid	Terutama monoterpen dan seskuiterpen
Komponen utama	Mono-, seskui-, di-, tri-, dan tetraterpenoid	Didominasi mono- dan seskuiterpenoid
Contoh	Artemisinin, paklitaksel	Cengkeh, kayu putih, lavender
Peran biologis	Pertahanan dan komunikasi tanaman	Perlindungan dan interaksi ekologis
Peran farmakognosi	Senyawa aktif	Identitas dan sumber aktivitas farmakologis volatil
Metode isolasi	Ekstraksi dan fraksinasi	Distilasi, pengepresan dingin, atau ekstraksi volatil
Metode analisis	GC-MS, HPLC, LC-MS	Terutama GC-MS atau GC-FID
Stabilitas	Bervariasi	Mudah terdegradasi oleh panas, cahaya, dan oksigen
Kesimpulan	Kelompok senyawa yang luas	Campuran senyawa volatil yang umumnya kaya terpenoid

9.7 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 2

Penggolongan Terpenoid

Berdasarkan Jumlah Unit Isoprena



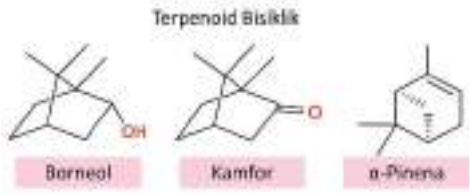
Sumber: Andi Wiajya, dengan modifikasi

1.	**Hemiterpenoid (C_5):** satu unit isoprena, paling sederhana.
2.	**Monoterpenoid (C_{10}):** dua unit isoprena, komponen utama minyak atsiri; aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, bronkodilator. Contoh: limonena, linalool.

3.	**Seskuiterpenoid (C_{15}):** tiga unit isoprena, lebih kompleks; aktivitas antiinflamasi, antimikroba, antiparasit, antikanker. Contoh: farnesol, nerolidol.
4.	**Diterpenoid (C_{20}):** empat unit isoprena, non-volatil; aktivitas antiinflamasi,

	antivirus, imunomodulator, antikanker. Contoh: andrographolide, ginkgolide.
5.	**Sesterterpenoid (C_{25}):** lima unit isoprena, jarang; aktivitas antiinflamasi dan sitotoksik. Contoh: manoalide.
6.	**Triterpenoid (C_{30}):** enam unit isoprena, non-volatil; aktivitas antiinflamasi, penyembuhan luka, imunomodulator, antikanker. Contoh: asam ursolat, lupeol.
7.	**Tetraterpenoid (C_{40}):** delapan unit isoprena, termasuk karotenoid; sebagai pigmen dan antioksidan. Contoh: β-karoten, lutein.
8.	**Politerpenoid (>C_{40}):** banyak unit isoprena terpolimerisasi; contoh utama karet alam, menunjukkan keragaman struktur dan fungsi besar.

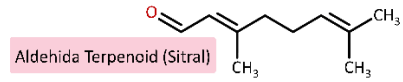
Berdasarkan Bentuk Kerangka Karbon



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**Terpenoid Asiklik:** Memiliki rantai karbon terbuka tanpa cincin. Contoh: myrcene, geraniol, nerol, dan farnesol.
2.	**Terpenoid Monosiklik:** Memiliki satu cincin dalam strukturnya. Contoh: limonena, mentol, dan terpineol.
3.	**Terpenoid Bisiklik:** Memiliki dua cincin. Contoh: α-pinena, β-pinena, borneol, dan kamfer.
4.	**Terpenoid Polisiklik:** Memiliki tiga/lebih cincin. Banyak ditemukan pada diterpenoid, triterpenoid, & steroid.

Berdasarkan Gugus Fungsi



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

1.	**Hidrokarbon Terpen:** Hanya tersusun atas karbon dan hidrogen. Contoh: limonena, pinena, dan kariofilena.
2.	**Alkohol Terpenoid:** Mengandung gugus hidroksil (-OH). Contoh: linalool, mentol, geraniol, dan borneol.
3.	**Aldehida Terpenoid:** Mengandung gugus aldehida (-CHO). Contoh: sitronelal dan sitral.
4.	**Keton Terpenoid:** Mengandung gugus keton (>C=O). Contoh: kamfer dan karvon.
5.	**Ester Terpenoid:** Terbentuk dari alkohol dan asam. Contoh: linalil asetat.
6.	**Oksida atau Eter Terpenoid:** Mengandung atom oksigen sebagai jembatan atau bagian cincin. Contoh: 1,8-sineol.
7.	**Lakton Terpenoid:** Mengandung ester siklik (lakton). Contoh: artemisinin.
8.	**Glikosida Terpenoid:** Kerangka terpenoid terikat dengan gula. Contoh: ginsenosida dan asiatikosida.

Penggolongan Minyak Atsiri



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Berdasarkan Bagian Tumbuhan Penghasil

1.	**Minyak Atsiri Daun:** Berasal dari daun, misalnya eucalyptus, tea tree, rosemary, dan peppermint.
2.	**Minyak Atsiri Bunga:** Diperoleh dari bunga, seperti lavender dan chamomile.
3.	**Minyak Atsiri Kulit Buah:** Umumnya berasal dari Citrus spp. dan kaya limonena.
4.	**Minyak Atsiri Rimpang dan Akar:** Berasal dari organ bawah tanah, seperti jahe, kunyit, dan vetiver. Umumnya beraroma lebih hangat dan tahan lama.
5.	**Minyak Atsiri Kayu, Kulit Batang, atau Resin:** Diperoleh dari jaringan berkayu atau resin, misalnya cendana dan kayu manis.
6.	**Minyak Atsiri Biji atau Buah:** Berasal dari biji atau buah, seperti adas, jintan, ketumbar, dan pala.

Berdasarkan Komponen Kimia Dominan

1.	**Minyak Atsiri Kaya Monoterpena Hidrokarbon:** Didominasi oleh limonena
2.	**Minyak Atsiri Kaya Monoterpenoid Teroksigenasi:** Mengandung mentol,
3.	**Minyak Atsiri Kaya Seskuiterpena/ Seskuiterpenoid:** Didominasi oleh kariofilena, bisabolol, dan nerolidol.
4.	**Minyak Atsiri Kaya Fenilpropanoid:** Didominasi oleh eugenol, anetol.

Berdasarkan Kemotipe

1.	**Kemotipe Linalool:** Didominasi oleh linalool, dengan aroma floral, lembut, dan sedikit manis. Banyak dimanfaatkan dalam kosmetik dan aromaterapi.
2.	**Kemotipe Timol (*Thymol*):** Didominasi timol, beraroma tajam dan herbal, serta memiliki aktivitas antimikroba yang kuat.
3.	**Kemotipe Karvakrol (*Carvacrol*):** Didominasi oleh karvakrol, dengan aroma pedas, tajam, dan hangat. Sering dikaitkan dengan aktivitas antimikroba yang tinggi.
4.	**Kemotipe Sineol (*Cineole*):** Didominasi oleh 1,8-sineol (eukaliptol), beraroma segar dan kamforaseus. Banyak digunakan pada produk inhalasi dan saluran pernapasan.

Berdasarkan Metode Perolehan

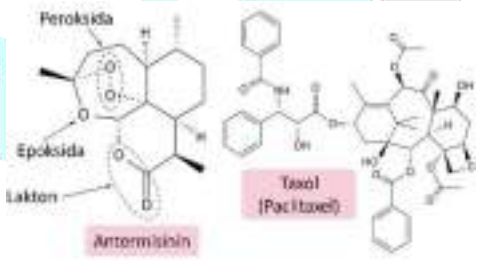
1.	**Minyak Hasil Hidrodistilasi:** Diperoleh dengan memanaskan bahan bersama air sehingga komponen volatil ikut menguap.
2.	**Minyak Hasil Destilasi Uap:** Diperoleh mengalirkan uap melalui bahan tanaman.
3.	**Minyak Hasil *Cold Pressing:*** Diperoleh melalui pengepresan dingin.
4.	**Minyak Hasil Ekstraksi Pelarut:** Digunakan untuk bahan yang peka terhadap panas.
5.	**Minyak Hasil Ekstraksi Modern:** Meliputi metode seperti *supercritical CO_2 extraction*.

Berdasarkan Kegunaan Utama

1.	**Minyak Atsiri Farmasetik:** Digunakan untuk kesehatan: antiseptik, ekspektoran, bahan topikal, karminatif. Contoh: eucalyptus oil
2.	**Minyak Atsiri Aromatik dan Kosmetik:** Dimanfaatkan dalam parfum, kosmetik, sabun, lotion, dan aromaterapi. Contoh: lavender oil dan rose oil.
3.	**Minyak Atsiri sebagai *Flavoring Agent:*** Digunakan sebagai pemberi aroma, rasa pangan, minuman sediaan oral. Contoh: lemon oil, peppermint oil, dan fennel oil.
4.	**Minyak Atsiri sebagai Biopestisida atau Repelan:** Untuk mengendalikan atau menolak hama dan mikroorganisme. Contoh: citronella oil.

9.8 TERPENOID DAN MINYAK ATSIRI 3

Tumbuhan yang Mengandung Senyawa Terpenoid



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Nama Tanaman	Pemanfaatan di Bidang Farmasi
Artemisia / *sweet wormwood*	Sumber senyawa antimalaria; menjadi dasar pengembangan terapi kombinasi berbasis artemisinin.
Taxus / yew	Sumber paclitaxel untuk pengobatan antikanker.
Pegagan	Digunakan untuk penyembuhan luka, antiinflamasi, dan kosmetik herbal.
Danshen	Berpotensi untuk terapi kardiovaskular, antiinflamasi, dan antioksidan.
Kemenyan (*frankincense*)	Sumber asam boswelat yang dimanfaatkan sebagai antiinflamasi.
Ginkgo	Digunakan untuk kesehatan vaskular dan sebagai agen neuroprotektif.
Ginseng	Digunakan sebagai adaptogen dan imunomodulator.

Tumbuhan yang Mengandung Minyak Atsiri



Serai



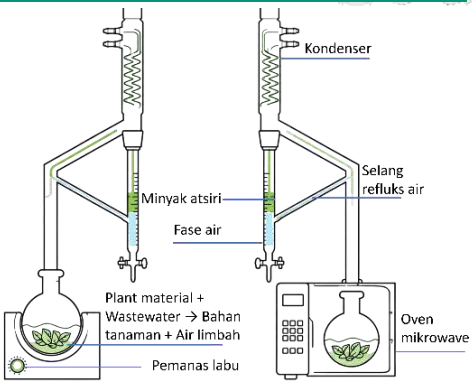
Papermint

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Nama Tanaman	Pemanfaatan di Bidang Farmasi
Serai	Digunakan sebagai bahan aroma, antimikroba, repelan serangga, dan pewangi.
Peppermint	Digunakan sebagai karminatif, bahan perisa, penyegar.
Eucalyptus	Digunakan pada sediaan inhalasi, balsem, dan obat gosok.
Tea tree	Digunakan sebagai antiseptik topikal untuk kulit dan kosmetik.
Lavender	Digunakan dalam aromaterapi, kosmetik, relaksasi.
Lemon	Digunakan sebagai perisa, pewangi, bahan aromaterapi.
Cengkeh	Sebagai antiseptik dan analgesik lokal, serta sumber eugenol.
Jahe	Digunakan sebagai perisa, penghangat, karminatif, dan komponen produk tradisional serta aromatik.

Isolasi Minyak Atsiri

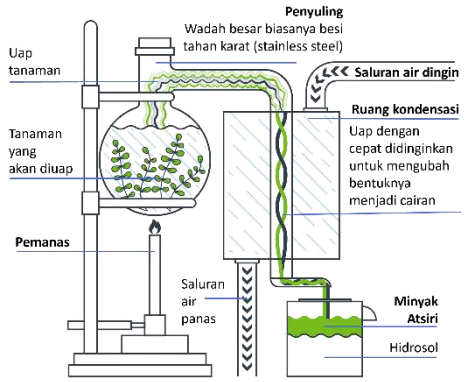
Hidrodistilasi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Bahan dipanaskan bersama air sehingga komponen volatil menguap dan dikondensasikan. Metode klasik ini sederhana, tetapi dapat menyebabkan degradasi senyawa yang peka panas.

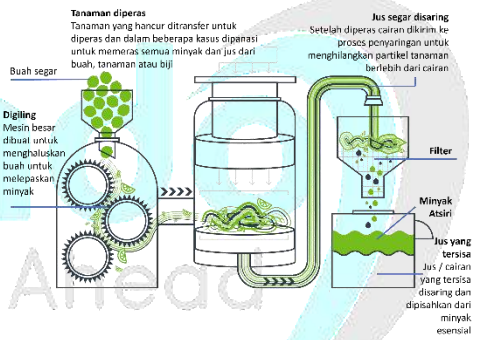
Destilasi Uap



Sumber: American Society of Perfumers, dengan modifikasi

Uap dialirkan melalui bahan tanaman untuk membawa komponen volatil. Metode yang umum ini lebih efisien dan banyak digunakan pada skala industri.

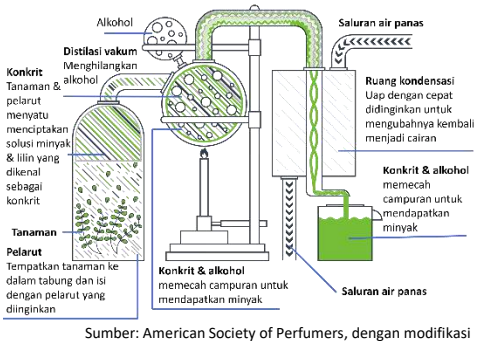
Cold Pressing



Sumber: American Society of Perfumers, dengan modifikasi

Digunakan terutama pada kulit buah sitrus. Metode ini umum digunakan, tidak menggunakan pemanasan tinggi sehingga komponen volatil lebih terjaga.

Metode Modern



Sumber: American Society of Perfumers, dengan modifikasi

Meliputi ekstraksi pelarut, *supercritical CO_2 extraction*, *microwave-assisted extraction*, & *ultrasound-assisted extraction*. Metode modern ini dikembangkan meningkatkan efisiensi, selektivitas, menjaga senyawa termolabil.

Hidrodistilasi

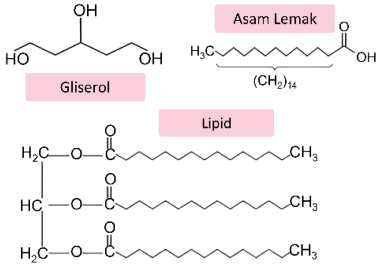


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Metode Isolasi	Prinsip dan Karakteristik
Hidrodistilasi	Bahan direbus bersama air; sederhana dan cocok untuk praktikum serta bahan herbal aromatik.
Destilasi uap	Uap air membawa komponen volatil; metode paling umum untuk produksi minyak atsiri skala besar.
Cold pressing	Minyak diperas tanpa pemanasan; mempertahankan aroma segar, terutama untuk kulit buah sitrus.
Ekstraksi pelarut	Senyawa aromatik diekstraksi dengan pelarut organik; cocok untuk bunga yang sensitif terhadap panas.
Ekstraksi CO_2 superkritis	Menggunakan CO_2 bertekanan tinggi; menghasilkan ekstrak berkualitas tinggi dan selektif, tetapi biayanya mahal.
Microwave-assisted extraction	Memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat pelepasan minyak; waktu ekstraksi lebih singkat dan efisien.
Ultrasound-assisted extraction	Gelombang ultrasonik membantu pelepasan senyawa melalui kavitasi; meningkatkan efisiensi ekstraksi.

9.9 LIPID

Definisi dan Karakteristik



Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Lipid adalah senyawa yang tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut nonpolar. Pada tumbuhan, lipid berfungsi sebagai cadangan energi, penyusun membran, dan pelindung permukaan, serta memengaruhi mutu dan stabilitas simplisia maupun produk farmasi.

Karakteristik Utama Lipid	
1.	Hidrofobik atau amfipatik.
2.	Larut dalam pelarut nonpolar.
3.	Memiliki nilai energi tinggi.
4.	Dapat tersabunkan atau tidak tersabunkan.
5.	Sifat fisiknya dipengaruhi oleh asam lemak.
6.	Rentan mengalami oksidasi (ketengikan).
7.	Memiliki densitas lebih rendah dari air.
8.	Dapat membentuk sistem koloid.
9.	Sering mengandung senyawa bioaktif.
10.	Mutunya dapat dievaluasi secara fisikokimia.

Penggolongan Lipid

Kelompok Lipid	Contoh dan Pemanfaatan di Bidang Farmasi
Asam lemak	Contoh: palmitat, oleat, linoleat, α-linolenat, risinoleat. Digunakan sebagai agen pengemulsi dan peningkat penetrasi obat melalui kulit.
Gliserolipid	Contoh: monoasilgliserol, diasilgliserol, triasilgliserol. Berfungsi sebagai komponen utama minyak dan lemak nabati serta basis emolien dan pembawa zat aktif.
Gliserofosfolipid	Contoh: fosfatidilkolin dan fosfatidiletanolamin. Digunakan sebagai emulsifier, liposom, dan fitosom dalam sistem penghantaran obat.
Sfingolipid	Contoh: ceramide dan glikosfingolipid. Berperan

	dalam meningkatkan hidrasi dan formulasi dermatologis.
Lipid sterol	Contoh: β-sitosterol, campesterol, dan stigmasterol. Memiliki aktivitas antihiper-kolesterolemia, antioksidan, dan antiinflamasi.
Lipid prenol	Contoh: tokoferol, karotenoid, dan squalene. Berfungsi sebagai antioksidan dan membantu mencegah penuaan dini pada kulit.
Sakarolipid	Contoh: lipid A dan turunannya. Berperan dalam penelitian membran dan mikrobiologi.
Poliketida	Contoh: berbagai metabolit sekunder poliketida. Berpotensi sebagai antihiper-lipidemia dan antikanker.

Tanaman Mengandung Lipid



Olea europaea L.



Sesamum indicum L

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

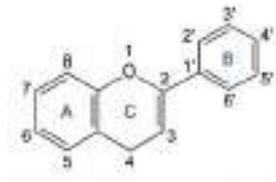
Tanaman	Jenis Lipid Dominan dan Pemanfaatan Farmasi
***Olea europaea L.* (buah)**	Triasilgliserol kaya asam oleat, squalene; emolien, pendukung skin barrier, antioksidan
***Ricinus communis L.* (biji)**	Minyak jarak kaya asam risinoleat; laksatif, bahan baku surfaktan, eksipien topikal
***Cocos nucifera L.* (endosperm/ buah)**	Triasilgliserida rantai sedang (laurat, kaprilat, kaprat); emolien, pembawa lipofilik, kosmetik-farmasi
***Sesamum indicum L.* (biji)**	Asam oleat, linoleat, lignan; vehicle induksi, emolien, antioksidan
***Linum usitatissimum L.* (biji)**	Asam α-linolenat tinggi; nutrasetikal, antiinflamasi, kapsul lunak
***Glycine max* (biji)**	Minyak kedelai dan fosfolipid (lesitin); emulsifier, bahan liposom/fitosom, meningkatkan bioavailabilitas
***Helianthus annuus L.* (biji)**	Asam linoleat/oleat, tokoferol; emolien, vehicle, sumber lesitin
***Theobroma cacao L.* (biji)**	Cocoa butter (triasilgliserida padat); basis suppositoria, emolien
***Nigella sativa L.* (biji)**	Minyak tetap + komponen lipofilik seperti thymoquinone; antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dukungan *wound healing* & nutrasetikal
***Simmondsia chinensis (Link) C.K. Schneid.* (biji)**	Ester lilin cair (jojoba oil); emolien, dermatologis, kosmeseutikal, pelindung permukaan kulit

Pemanfaatan Lipid

Metode Isolasi	Prinsip dan Karakteristik
Hidrodistilasi	Bahan direbus bersama air; sederhana dan cocok untuk praktikum serta bahan herbal aromatik.
Destilasi uap	Uap air membawa komponen volatil; metode paling umum untuk produksi minyak atsiri skala besar.
Cold pressing	Minyak diperas tanpa pemanasan; mempertahankan aroma segar, terutama untuk kulit buah sitrus.
Ekstraksi pelarut	Senyawa aromatik diekstraksi dengan pelarut organik; cocok untuk bunga yang sensitif terhadap panas.
Ekstraksi CO_2 superkritis	Menggunakan CO_2 bertekanan tinggi; menghasilkan ekstrak berkualitas tinggi dan selektif, tetapi biayanya mahal.
Microwave-assisted extraction	Memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat pelepasan minyak; waktu ekstraksi lebih singkat dan efisien.
Ultrasound-assisted extraction	Gelombang ultrasonik membantu pelepasan senyawa melalui kavitasi; meningkatkan efisiensi ekstraksi.

9.10 FLAVONOID

Definisi dan Karakteristik

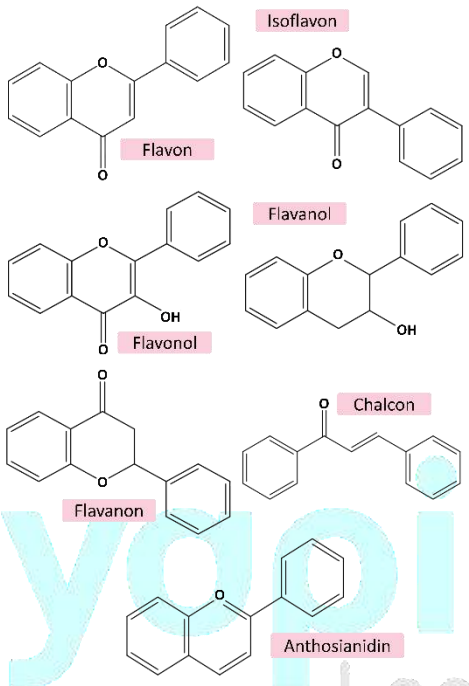


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Flavonoid didefinisikan sebagai kelompok besar senyawa polifenol alami yang terutama dihasilkan oleh tumbuhan tingkat tinggi dan tersusun atas kerangka

karbon C6–C3–C6, yaitu dua cincin aromatik (cincin A dan B) yang dihubungkan oleh unit tiga karbon yang biasanya membentuk cincin heterosiklik C.

Penggolongan Flavonoid



Sumber: Andi Wiijaya, dengan modifikasi

Jenis Glikosida	Karakteristik dan Contoh
Flavon	Ditemukan pada seledri, paprika, jeruk; contoh apigenin dan luteolin; berperan sebagai antioksidan, antikanker, dan kardioprotektif.
Isoflavon	Dari kedelai; contoh genistein dan daidzein; antioksidan, estrogenik, antikanker.
Flavonol	Pada apel, ceri, plum, bawang, kale; contoh quercetin, kaempferol; antioksidan, kardioprotektif, antikanker, neuroprotektif.
Flavanol	Pada teh, brokoli, bawang, apel; contoh catechin, EGCG; antioksidan, antikanker, antiinflamasi.
Chalcon	Pada Leguminosae, Moraceae, Zingiberaceae, Cannabaceae; contoh xanthohumol; antioksidan, antibakteri, antiinflamasi, antikanker.
Anthosianidin	Pada blueberry, kubis merah, tomat, ubi jalar, anggur, terong; contoh delphinidin, cyanidin; mendukung kesehatan mata, jantung, antiobesitas, antidiabetes, antikanker.

Tanaman Mengandung Flavonoid



Camellia sinensis



Moringa oleifera

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Tanaman	Jenis flavonoid dominan dan Efek farmakologi
Camellia sinensis	Catechin, epicatechin, EGCG, ECG; antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, dukungan kardiometabolik
Citrus spp.	Hesperidin, naringin, naringenin, hesperetin, nobiletin, tangeretin; antioksidan, antiinflamasi, penurun lipid/glukosa, proteksi usus
Ginkgo biloba	Ginkgo flavone glycosides, proanthocyanidins; antioksidatif, dukungan memori/kognitif, vasoprotektif
Scutellaria baicalensis	Baicalin, baicalein, wogonin, oroxylin A; antiinflamasi, hepatoprotektif, neuroprotektif, antikanker
Moringa oleifera	Quercetin, kaempferol; antiinflamasi, hepatoprotektif, kardioprotektif, antidiabetik
Allium cepa	Quercetin, quercetin-3-galactoside; antiinflamasi, kardioprotektif, antidiabetik, antibakteri
Vaccinium myrtillus	Antosianin (cyanidin/delphinidin glycosides), flavonol; antiinflamasi, dukungan dislipidemia, potensi manfaat vaskular
Glycine max	Genistein, daidzein, glycitein; fitoestrogenik, dukungan tulang, gejala menopause, metabolik
Passiflora incarnata	Vitexin, isovitexin; anxiolytic support, dukungan tidur, adjuvan tapering benzodiazepin

9.11 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 1

Definisi dan Klasifikasi

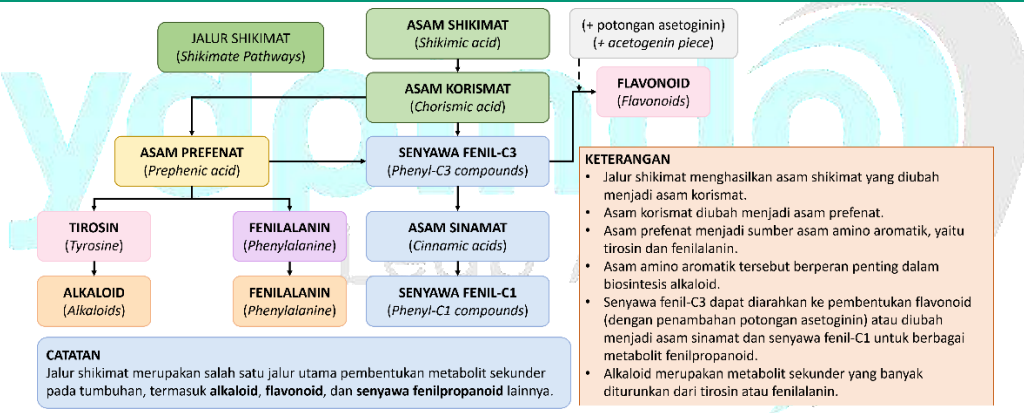


Sumber: Andi Wiijaya, dengan modifikasi

Alkaloid adalah **metabolit sekunder bernitrogen** yang banyak ditemukan pada tumbuhan, fungi, bakteri, dan hewan serta memiliki beragam aktivitas biologis dan farmakologis. Istilah alkaloid diperkenalkan oleh **Meissner (1818)** untuk senyawa yang umumnya bersifat basa karena mengandung atom nitrogen. Namun, tidak semua alkaloid bersifat basa.

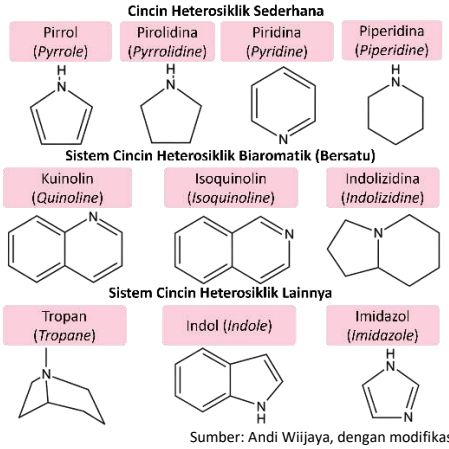
Alkaloid berperan sebagai pertahanan alami organisme dan menjadi sumber penting berbagai obat karena aktivitasnya pada sistem saraf, kardiovaskular, dan metabolisme. Dalam bentuk basa bebas alkaloid umumnya lebih larut dalam pelarut organik, sedangkan bentuk garam lebih larut dalam air.

Biosintesis Alkaloid



Sumber: Andi Wiijaya, dengan modifikasi

Klasifikasi Alkaloid yang Digunakan



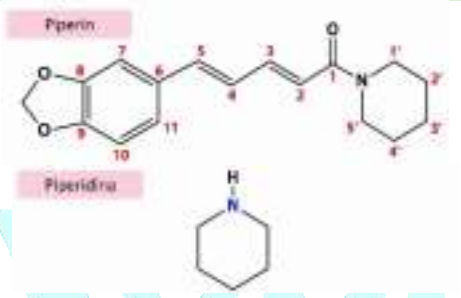
Sumber: Andi Wiijaya, dengan modifikasi

Biosintetik		
Kelompok	**Ciri Utama**	**Contoh**
Alkaloid sejati	Berasal dari asam amino, N dalam cincin heterosiklik	Morfin, kuinin, nikotin, pilokarpin
Protoalkaloid (amina)	Berasal dari asam amino, N di luar cincin	Efedrin, hordenin
Pseudoalkaloid	Tidak berasal langsung dari asam amino	Kafein, teobromin

Struktur inti		
Kelompok	**Ciri Utama**	**Contoh**
Piperidin/ Piperamida	Mengandung cincin piperidina	Piperin, piperidin

	atau unit piperamida	
Kuinolin	Inti benzopiridina	Kuinin, kuinidin
Isokuinolin	Isomer kuinolin	Berberin
Pirolidin	Cincin jenuh 5 anggota	Nikotin, higrin
Imidazol	Cincin 5 anggota dengan 2 atom N	Pilokarpin
Indol	Inti benzopirol	Reserpin
Purin	Turunan xantin termetilasi	Kafein, teofilin, teobromin
Tropan	Inti tropin bicyclic	Atropin, skopolamin
Amina sederhana	Amina aromatik/alifatik tanpa N heterosiklik	Efedrin, pseudoefedrin

Alkaloid: Piperin dan Piperidin



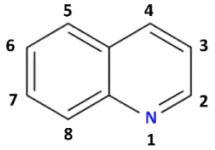
Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Piperin adalah alkaloid amida yang mengandung fragmen piperidina yang terikat pada rantai piperoyl, sedangkan Piperidin merupakan heterosiklus jenuh beranggota enam dengan satu atom nitrogen.

Piperin	Piperidina
Lebih volatil	Lebih lipofilik
Lebih basa	Kurang basa
Lebih mudah membentuk garam	Lebih stabil sebagai molekul netral

9.12 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 2

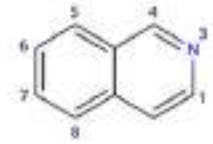
Alkaloid Quinolin



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Alkaloid kuinolin adalah senyawa yang mengandung inti quinoline, yaitu sistem cincin aromatik gabungan antara benzena dan piridina.

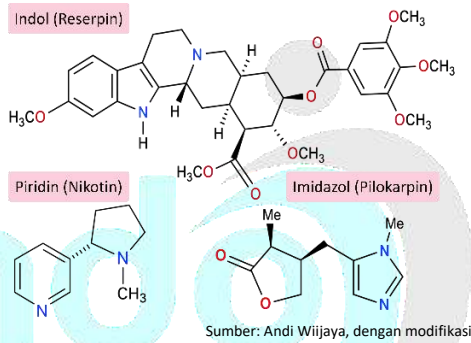
Alkaloid Isoquinolin



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Alkaloid isoquinolin adalah kelompok sangat besar yang memiliki inti isoquinoline, yakni isomer posisi dari quinoline.

Alkaloid Pirolidin, Imidazol, Indol

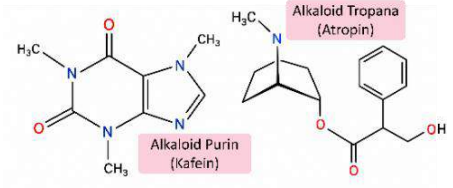


Sumber: Andi Wijaya, dengan modifikasi

Golongan Alkaloid	Inti Struktur dan Contoh
Pirolidin	Mengandung cincin jenuh lima anggota dengan satu atom N. Contoh: **nikotin** (alkaloid piridina–pirolidina).
Imidazol	Mengandung cincin aromatik lima anggota dengan dua atom N. Contoh: **pilokarpin** dari *Pilocarpus* (jaborandi).
Indol	Mengandung inti indol dan umumnya berasal dari triptofan. Contoh: **reserpin** (antihipertensi) serta **vinblastin/vinkristin** (antitumor).

9.13 SENYAWA GOLONGAN ALKALOID 3

Alkaloid Purin dan Tropin



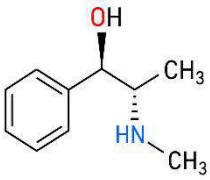
Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Alkaloid purin pada tumbuhan umumnya turunan xantin termetilasi, contoh penting: kafein, teobromin, teofilin. Bersifat basa lemah karena gugus karbonil pada kerangka xantin memberikan karakter amida-imida.

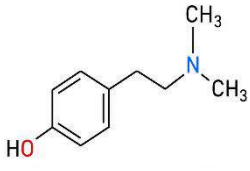
Tropine adalah kerangka biosintetik penting; senyawa klinis terkenal: atropin, hiossiamin, dan skopolamin.

Alkaloid Amina

Efedrin



Hordenin



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

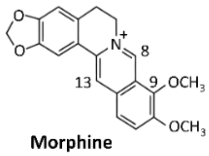
Senyawa bernitrogen yang berasal dari asam amino tetapi nitrogenya tidak berada dalam sistem heterosiklik. Dua contoh utama yang relevan ialah **efedrin**/pseudoefedrin dari Ephedra dan hordenin dari beberapa tanaman, terutama *Hordeum vulgare* serta sejumlah spesies lain. **Efedrin** merupakan simpatomimetik yang terutama ditemukan pada spesies *Ephedra* seperti *E. sinica*, *E. intermedia*, dan *E. gerardiana*. **Hordenin** adalah alkaloid amina sederhana turunan fenetilamin yang ditemukan pada jelai (*Hordeum vulgare*) dan beberapa rumput-rumputan lain.

Tanaman Mengandung Alkaloid

Berberis vulgaris



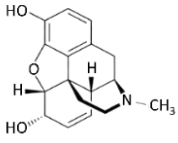
Berberine



Papaver somniferum



Morphine



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Alkaloid umumnya lebih tinggi pada jaringan muda atau organ yang rentan terhadap herbivora. Nikotin pada *Nicotiana* disintesis di akar dan diangkut ke daun, kina pada *Cinchona* terkonsentrasi di kulit batang, alkaloid pada *Papaver somniferum* terdapat pada lateks kapsul, pilokarpin pada *Pilocarpus* berada di daun, sedangkan purin alkaloid pada *Coffea* dan *Camellia* terdapat pada daun atau biji. Lokasi akumulasi ini penting untuk menentukan organ simplisia, waktu panen, dan standardisasi.

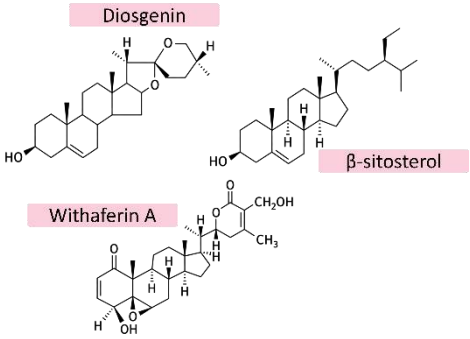
Contoh Tanaman Mengandung Alkaloid

Tanaman	Famili	Alkaloid utama
Piper nigrum	*Piperaceae*	Piperin
Cinchona ledgeriana	*Rubiaceae*	Kuinin, kuinidin
Camptotheca acuminata	*Nyssaceae / Cornaceae*	Kamptotesin
Nothapodytes nimmoniana	*Icacinaceae*	Kamptotesin
Berberis vulgaris	*Berberidaceae*	Berberin
Coptis chinensis	*Ranunculaceae*	Berberin
Papaver somniferum	*Papaveraceae*	Morfin, kodein, papaverin
Nicotiana tabacum	*Solanaceae*	Nikotin
Pilocarpus microphyllus	*Rutaceae*	Pilokarpin
Rauvolfia serpentina	*Apocynaceae*	Reserpin
Catharanthus roseus	*Apocynaceae*	Vinblastin, vinkristin
Tabernaemontana spp.	*Apocynaceae*	MIA beragam
Coffea arabica	*Rubiaceae*	Kafein
Camellia sinensis	*Theaceae*	Kafein
Theobroma cacao	*Malvaceae*	Teobromin
Atropa belladonna	*Solanaceae*	Atropin, hiossiamin
Datura stramonium / D. metel	*Solanaceae*	Atropin, skopolamin
Hyoscyamus niger	*Solanaceae*	Hiossiamin, skopolamin
Duboisia myoporoides	*Solanaceae*	Skopolamin

Ephedra sinica	*Ephedraceae*	Efedrin, pseudoefedrin

9.14 SENYAWA GOLONGAN STEROID DAN HORMON

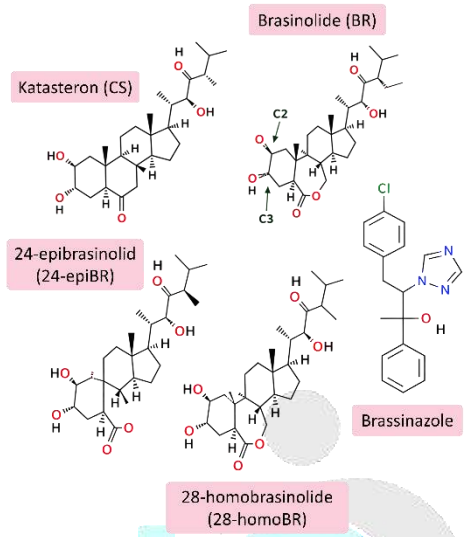
Penggolongan Senyawa Steroid



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Jenis Streroid	Karakteristik dan Contoh
Fitosterol	Sterol utama membran sel tumbuhan yang menjaga fluiditas dan stabilitas membran. Contoh: β-sitosterol, stigmasterol, campesterol.
Saponin Steroid	Glikosida steroid yang berbusa dalam air; penting sebagai prekursor sintesis steroid. Contoh: dioscin, protodioscin.
Sapogenin Steroid	Aglikon saponin steroid hasil hidrolisis; bahan awal semisintesis obat steroid. Contoh: diosgenin.
Withanolide	Lakton steroid teroksigenasi dengan berbagai aktivitas biologis. Contoh: withaferin A, withanolide D.
Alkaloid Steroid (Glikoalkaloid)	Steroid mengandung nitrogen, umumnya dalam bentuk glikosida; bioaktif tetapi dapat bersifat toksik. Contoh: solasonine
Fitoekdisteroid	Steroid tumbuhan mirip hormon molting serangga; berperan dalam pertahanan tanaman. Contoh: ecdysone.
Brassinosteroid	Hormon steroid tumbuhan yang mengatur pertumbuhan, perkembangan, dan respons stres. Contoh: brassinolide, castasterone.
Glikosida Jantung	Glikosida steroid dengan cincin lakton khas yang berfungsi sebagai kardiotonik. Contoh: digoksin, digitoksin.

Penggolongan Hormon



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Jenis Streroid	Karakteristik dan Contoh
Auksin	Mengatur pemanjangan sel, dominansi apikal, dan pembentukan akar. Contoh: IAA.
Sitokinin	Memacu pembelahan sel, pertumbuhan tunas, dan menunda penuaan. Contoh: zeatin, kinetin.
Giberelin	Merangsang pemanjangan batang, perkecambahan, dan pembungaan. Contoh: GA_3.
Asam Absisat (ABA)	Mengatur dormansi biji dan respons terhadap stres. Contoh: ABA.
Etilen	Berperan dalam pematangan buah, absisi daun, dan respons stres. Contoh: etilen.
Jasmonat	Mengatur respons pertahanan terhadap luka, herbivora, dan patogen. Contoh: asam jasmonat, metil jasmonat.
Salisilat	Berperan dalam ketahanan sistemik terhadap patogen. Contoh: asam salisilat.
Strigolaktan	Mengatur percabangan dan simbiosis akar. Contoh: strigol.
Brassinosteroid	Mengatur pertumbuhan, diferensiasi vaskular, reproduksi, dan toleransi stres. Contoh: brassinolide, castasterone.

Tanaman Mengandung Flavonoid



Dioscorea spp.

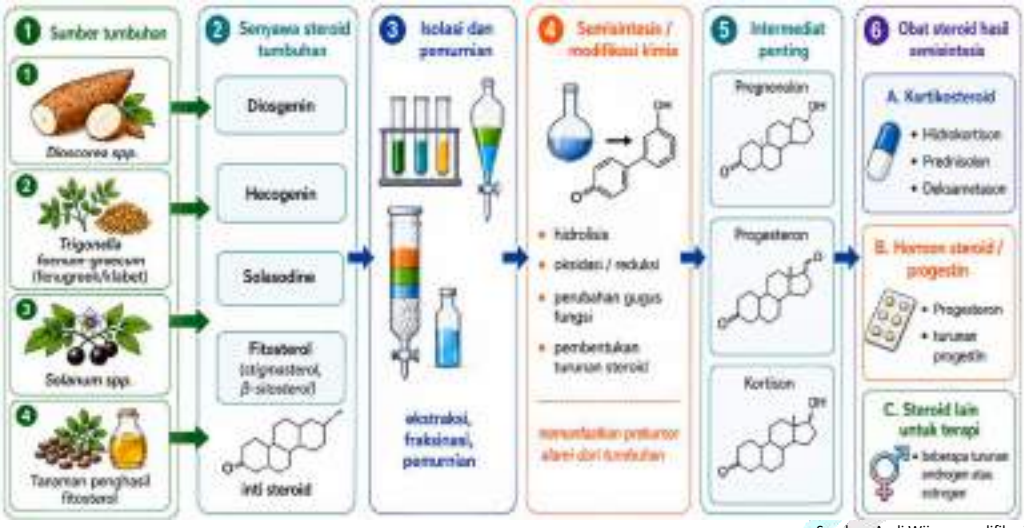


Withania somnifera (L.) Dunal

Sumber: Magnific, dengan modifikasi

Tanaman	Senyawa Utama dan Kegunaan
Dioscorea spp.	Diosgenin, saponin steroid; sumber utama prekursor steroid farmasi.
Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*)	Diosgenin dan sapogenin steroid; contoh tanaman pangan penghasil steroid alami.
Ashwagandha (*Withania somnifera*)	Withanolide (withaferin A, withanolide D); lakton steroid dengan aktivitas biologis luas.
Solanum spp.	Glikoalkaloid steroid (solamargine, solasonine); berpotensi farmakologis namun dapat bersifat toksik.
Brassica napus	Brassinosteroid; model hormon steroid tumbuhan yang mengatur pertumbuhan dan respons stres.
Tanaman tingkat tinggi lainnya	Brassinosteroid; menunjukkan persebaran luas hormon steroid pada tumbuhan.

Sintesis Farmakognostik



Sumber: Andi Wijaya, modifikasi

Jika disintesis, maka tanaman yang mengandung steroid dan hormon dapat dipahami dalam dua spektrum. Spektrum pertama adalah tanaman yang kaya **steroid bioaktif** untuk tujuan fitokimia dan farmasi, seperti *Dioscorea*, fenugreek, *Withania*, dan *Solanum*. Spektrum kedua adalah tanaman yang menonjol sebagai model penghasil **hormon steroid tumbuhan**, terutama *Brassica napus*.

FARMASETIKA

10.1 FARMAKOPE

Ketentuan Umum Farmakope

Ketentuan Umum Farmakope Indonesia meliputi:	
1.	Persyaratan umum untuk bahan baku obat dan sediaan jadi
2.	Metode pengujian dan analisis (identifikasi, kemurnian, kadar)
3.	Ketentuan pengemasan, pelabelan, dan penyimpanan
4.	Monografi bahan obat dan sediaan farmasi
5.	Tabel dan lampiran pendukung (reagen, larutan pereaksi, dll)



Sumber : poltekkesbdg.info, dengan modifikasi

Farmakope Indonesia Edisi VI (2020) - Poin Penting:	
1.	Memuat lebih dari 1.000 monografi bahan obat dan sediaan farmasi
2.	Mengacu pada harmonisasi ASEAN dan standar internasional
3.	Mengatur persyaratan air murni, air untuk injeksi, dan pelarut farmasi
4.	Mengatur persyaratan air murni, air untuk injeksi, dan pelarut farmasi

Definisi Resep

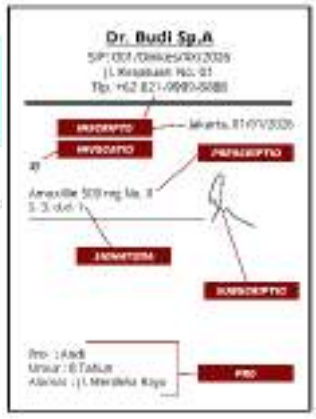
Berdasarkan Farmakope Indonesia dan Peraturan Pemerintah, resep adalah permintaan tertulis dari dokter, dokter gigi, atau dokter hewan yang diberi izin kepada apoteker untuk menyediakan dan menyerahkan obat kepada pasien. Secara etimologi, resep berasal dari bahasa Latin "*recipe*" yang berarti "ambillah".

Peraturan Menteri Kesehatan tentang Resep

Landasan hukum pengelolaan resep di Indonesia antara lain:	
1.	Permenkes No. 73 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Apotek
2.	Permenkes No. 26 Tahun 2020 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas
3.	Permenkes No. 72 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Rumah Sakit
4.	PP No. 51 Tahun 2009 tentang Pekerjaan Kefarmasian
5.	UU No. 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan (pengganti UU No. 36 Tahun 2009)

Ketentuan Resep

Sebuah resep yang sah dan lengkap harus memuat komponen berikut:



Sumber: Ilustrasi oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Komponen Resep	Keterangan	Contoh
Inscriptio	Identitas penulis resep (nama, SIP, alamat, tanggal)	dr. Budi, SIP: 001, tgl. 01/01/2026
Invocatio	Tanda pembuka resep	R/ (*Recipe*)
Praescriptio	Nama obat dan jumlahnya	Amoxicillin 500 mg No. X
Signatura	Aturan pakai untuk pasien	S 3 dd 1 (diminum 3x sehari 1 kapsul)
Subscriptio	Tanda tangan dan paraf dokter	ttd dokter

Pro	Nama, usia, alamat pasien	Pro: An. Andi, 8 tahun

10.2 KETENTUAN UMUM RESEP

Penggunaan Bahasa Latin dalam Resep

Singkatan Latin	Kepanjangan	Artinya (Indonesia)
R/	*Recipe*	Ambillah
S.	*Signa*	Tandailah / Aturan Pakai
dd	*de die*	Sehari
a.c.	*ante coenam*	sebelum makan
p.c.	*post coenam*	sesudah makan
h.s.	*hora somni*	saat tidur / malam hari
p.r.n.	*pro re nata*	bila perlu
b.d.d.	*bis de die*	dua kali sehari
t.d.d.	*ter de die*	tiga kali sehari
q.d.d.	*quater de die*	empat kali sehari
m.d.s.	*misce da signa*	campur, berikan, dan tandai
q.s.	*quantum sufficit*	Secukupnya
ad.	*ad*	hingga / sampai
aa.	*ana*	sama banyak
No.	*numero*	sejumlah / sebanyak
Div. in part. Aeq.	*Divide in partes aequales*	Bagi menjadi bagian yang sama
dtd.	*da tales doses*	berikan dosis sebanyak itu

Membaca Resep

Langkah-Langkah Membaca Resep	
1.	Periksa identitas penulis resep (*Inscriptio*): nama dokter, SIP, tanggal
2.	Identifikasi tanda R/ sebagai tanda awal permintaan obat
3.	Baca nama obat, kekuatan, dan bentuk sediaan
4.	Tentukan jumlah obat yang diminta (No. / mL / gram)
5.	Baca aturan pakai (*Signatura*): frekuensi, waktu pemberian, cara pemakaian
6.	Periksa identitas pasien: nama, usia, berat badan (jika anak)
7.	Verifikasi tanda tangan atau paraf dokter

Contoh Resep dan Interpretasinya:



Sumber: Ilustrasi oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Salinan Resep

Salinan resep *(apograph/copy resep)* adalah salinan yang dibuat oleh apotek dari resep asli.



Sumber: Ilustrasi oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

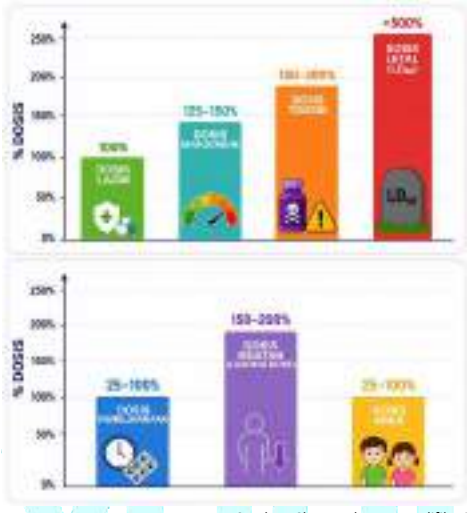
Salinan resep harus memuat:	
1.	Nama dan alamat apotek, serta nomor SIA
2.	Nama dan nomor SIPA Apoteker Penanggung Jawab
3.	Tanda "p.c.c." *(pro copia conform)* — sesuai dengan aslinya
4.	Nama dokter penulis resep, tanggal resep, nomor resep
5.	Nama pasien, umur, Alamat
6.	Jenis dan jumlah obat yang sudah diserahkan *(det/detur)* dan yang belum *(nedet/ne detur)*
7.	Tanggal pembuatan salinan resep dan paraf apoteker

Resep narkotika tidak boleh dibuat salinan resepnya. Resep yang mengandung obat keras dapat dibuat salinan resep.

10.3 MENGHITUNG DOSIS OBAT DAN SKRINING RESEP

Jenis-jenis Dosis

Dosis adalah jumlah obat yang diberikan kepada pasien untuk menghasilkan efek terapi yang diinginkan. Berikut adalah jenis-jenis dosis yang perlu dipahami:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis Dosis	Definisi
Dosis Lazim *(Therapeutic Dose)*	Jumlah obat yang biasa digunakan dan memberikan efek terapi pada umumnya
Dosis Maksimum	Jumlah terbesar obat yang masih aman dan menghasilkan efek tanpa menimbulkan keracunan
Dosis Toksik	Jumlah obat yang sudah menimbulkan efek toksik/racun pada tubuh
Dosis Letal *(LD50)*	Jumlah obat yang menyebabkan kematian pada 50% hewan percobaan
Dosis Pemeliharaan	Jumlah obat yang diberikan untuk mempertahankan kadar obat di darah
Dosis Muatan *(Loading Dose)*	Dosis awal yang lebih besar untuk mencapai konsentrasi terapeutik lebih cepat
Dosis Anak	Dosis yang disesuaikan berdasarkan usia/berat badan anak

Cara Menghitung Dosis

I. Rumus Young (Berdasarkan Umur, untuk anak < 12 tahun)

Rumus Young:

$$Dosis\ Anak = \frac{n}{(n+12)} \times Dosis\ Dewasa$$

Keterangan: n = usia anak dalam tahun

Contoh: Anak 6 tahun, dosis dewasa Parasetamol = 500 mg

$$Dosis\ Anak = \frac{6}{(6+12)} \times 500\ mg$$

$$= \frac{6}{18} \times 500\ mg = 166{,}67\ mg$$

II. Rumus Dilling (Berdasarkan Umur, untuk anak > 8 tahun)

Rumus Dilling:

$$Dosis\ Anak = \frac{n}{20} \times Dosis\ Dewasa$$

Keterangan: n = usia anak dalam tahun

III. Rumus Clark (Berdasarkan Berat Badan)

Rumus Clark:

$$Dosis\ Anak = \frac{BB\ anak\ dalam\ kg}{(70)} \times Dosis\ Dewasa$$

Contoh: Berat badan anak 20 kg, dosis dewasa = 500 mg

$$Dosis\ Anak = \frac{20}{70} \times 500\ mg = 142{,}86\ mg$$

IV. Perhitungan Berdasarkan Luas Permukaan Tubuh (BSA)

Rumus BSA (Mosteller):

$$BSA\ (m^2) = \frac{\sqrt{(TB(cm) \times BB(kg)}}{3600}$$

$$Dosis\ Anak = \frac{BSA\ anak}{1{,}73\ m^2} \times Dosis\ Dewasa$$

Keterangan: 1,73 m² adalah BSA rata-rata dewasa

Skrining Resep

Skrining resep adalah proses penelaahan resep secara komprehensif yang dilakukan oleh apoteker sebelum obat disiapkan untuk pasien. Skrining resep mencakup tiga aspek:

1. **Skrining Administratif**
   - Nama, SIP, dan alamat dokter lengkap
   - Tanggal penulisan resep tidak melampaui batas waktu
   - Nama, usia, dan alamat pasien tercantum jelas
   - Tanda tangan atau paraf dokter ada
2. **Skrining Farmasetik**
   - Bentuk sediaan dan kekuatan obat sesuai
   - Stabilitas obat dan kompatibilitas bahan
   - Cara pemberian dan lama pengobatan rasional
   - Jumlah obat yang diminta logis
3. **Skrining Klinis**
   - Adanya alergi terhadap obat yang diresepkan
   - Interaksi obat (drug-drug interaction, drug-food interaction)
   - Duplikasi obat atau terapi yang tumpang tindih
   - Kontraindikasi berdasarkan kondisi pasien
   - Dosis dalam rentang lazim dan aman (tidak melampaui dosis maksimum)

10.4 PENGENALAN BENTUK SEDIAAN FARMASI

Sediaan farmasi adalah bentuk akhir obat yang siap digunakan oleh pasien. Berdasarkan wujudnya, sediaan farmasi dibagi menjadi:

Wujud	Contoh Sediaan	Rute Pemberian
Padat	Tablet, kapsul, serbuk, supositoria, pil	Oral, rektal, topical
Semi Solid	Salep, krim, gel, pasta, suppositoria	Topikal, rektal, vaginal
Cair	Sirup, eliksir, suspensi, emulsi, injeksi, tetes	Oral, parenteral, topikal, tetes mata/telinga
Gas	Aerosol, inhaler	Inhalasi

10.5 BENTUK SEDIAAN FARMASI PADAT

Definisi

Sediaan padat adalah bentuk sediaan farmasi yang memiliki konsistensi padat, mengandung satu atau lebih zat aktif dengan atau tanpa eksipien, yang dibentuk melalui proses tertentu seperti granulasi, cetak tekan, atau pengisian kapsul.

Mengenai Pil

Menurut Farmakope Indonesia, Pil *(Pilulae)* merupakan sediaan yang diformulasi untuk pemberian oral dan umumnya berbobot antara 60-300 mg per butir.

Alat Pencetak Pil



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Alat	Fungsi
• Papan pil *(pill board/pill tile)*	Permukaan datar dari bahan keras untuk membentuk pil
• Pemotong pil *(pill cutter/pill machine)*	Alat untuk memotong batang masa pil menjadi unit yang sama
• Pipa pil *(pill pipe)*	Untuk membentuk masa pil menjadi silinder
• Mortir dan stamper	Untuk mencampur bahan

• Spatula	Untuk meratakan dan mengangkat masa pil
• Timbangan analitik	Untuk menimbang tiap pil secara sampel *(Quality Control)*

Teknik Meracik Pil

Prinsip pembuatan pil: mencampurkan bahan aktif dengan masa pil (pill mass) yang terbentuk dari pengikat, kemudian dibentuk menjadi batang (pipe) dan dipotong menjadi unit pil, lalu dibulat-bulatkan.



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Zat Aktif dan Zat Tambahan

Zat Aktif Umum	Zat Tambahan
• Besi Sulfat (*anemia*)	• Laktosa (pengisi)
• Kina Sulfat (*malaria*)	• Tragakan/Akasia (pengikat mukosa)
• Digitalis Leaf (gangguan jantung ritmik)	• Madu atau sirup kental (pengikat manis)
• Fenobarbital	• Amilum (pengisi sekaligus pengikat jika dilembabkan)
• Ekstrak Belladonna (*antispasmodic*)	• Talk (anti-adhesi/anti-lengket)

Bahan-bahan yang Biasanya Dibuat dalam Bentuk Pil

- Bahan aktif: Besi Sulfat ($FeSO_2$), ekstrak belladonna, kalomel, digitalis, ekstrak tumbuhan obat
- Bahan pengikat *(binder)*: Tragakan, akasia, gliserin, madu, sirup
- Bahan pengisi *(filler)*: Laktosa, amilum, kaolin
- Bahan pelapis *(coating)*: Shellac, sirup gula, gelatin (pil bersalut)
- Bahan antioksidan dan stabilizer: untuk bahan mudah teroksidasi

Contoh Resep Pil



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Mengenai Kapsul

Kapsul adalah bentuk sediaan padat di mana bahan obat dan/atau bahan tambahan lain dimasukkan ke dalam cangkang kapsul yang terbuat dari gelatin atau hidroksipropilmetilselulosa (HPMC).

Keuntungan dan Kerugian Sediaan Kapsul

Keuntungan	Kerugian
Menutupi rasa dan bau tidak enak	Tidak bisa dibagi/dibelah (pelanggaran integritas)
Mudah ditelan (licin saat kontak saliva)	Tidak cocok untuk bahan yang bereaksi dengan gelatin
Bioavailabilitas baik (disolusi cepat)	Harga cangkang kapsul relatif mahal
Tidak memerlukan bahan pengikat dan pencetak	Dapat menjadi keras atau rapuh pada suhu/RH ekstrem
Penampilan elegan dan profesional	Tidak cocok untuk bahan sangat higroskopis
Mudah dibuat secara manual/apotek	Kapsul gelatin tidak cocok untuk vegetarian

Bahan Obat yang Dibuat dalam Bentuk Kapsul

Terdapat dua jenis kapsul:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Bahan obat yang cocok untuk kapsul keras:

- Bahan obat berasa pahit atau berbau tidak enak (masker rasa/bau)
- Bahan obat yang tidak tahan terhadap kompresi (tidak bisa dibuat tablet)
- Bahan obat dengan dosis kecil dan perlu ketelitian tinggi
- Obat yang mengiritasi lambung (dapat dikombinasi dengan bahan buffer)
- Campuran beberapa bahan aktif dalam satu dosis

Cara Pengerjaan Resep Sediaan Kapsul



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Ukuran Kapsul dan Volume Pengisian (perkiraan):

No. 000: ~1400 mg | No. 00: ~950 mg | No. 0: ~680 mg

No. 1 : ~480 mg | No. 2 : ~360 mg | No. 3: ~270 mg

No. 4 : ~200 mg | No. 5 : ~130 mg

(Volume tergantung BJ serbuk; di atas adalah perkiraan untuk serbuk dengan BJ ~0,8 g/mL)

10.6 BENTUK SEDIAAN FARMASI SEMI SOLID

Sediaan semisolid merupakan sediaan yang memiliki konsistensi antara padat dan cair, umumnya digunakan secara topikal (dioles pada kulit atau membran mukosa)

Tipe Semi Solid

Sediaan semisolid (setengah padat) mencakup semua bentuk sediaan yang memiliki konsistensi di antara padat dan cair. Penggunaan utamanya adalah secara topikal.

Klasifikasi tipe semisolid:

Tipe	Definisi Singkat	Contoh Produk
Salep *(Ointment)*	Basis berminyak, oklusif, pelembab kulit kering	Salep Kulit Hidrokortison 1%
Krim *(Cream)*	Emulsi O/W atau W/O, tidak oklusif, mudah dicuci	Krim Betametason, Krim Klotrimazol
Gel	Sistem koloid semisolid, basis air/alkohol, jernih	Gel Piroksikam, Gel Lidokain
Pasta	Serbuk >50% dalam basis semisolid, sangat kental	Pasta ZnO, Pasta Gigi
Balsam/Linimen	Campuran cairan dan lemak untuk gosok	Balsam Geliga, Tiger Balm
Supositoria	Bentuk padat, meleleh pada suhu tubuh, rektal / vaginal	Dulcolax Suppositoria, Ovula

Contoh Sediaan Farmasi Semi solid



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis-jenis Sediaan Semisolid	
Salep *(Unguenta)*	Basis berminyak (hidrokarbon), digunakan untuk kulit kering/bersisik. Contoh: Salep gentamisin, Salep mupirosin
Krim *(Cremores)*	Emulsi O/W atau W/O, tidak berminyak, mudah dicuci. Contoh: Krim Betametason, Krim Hidrokortison
Gel	Basis air atau hidroalkohol menggunakan gelling agent. Contoh: Gel Natrium Diklofenak, Gel Piroksikam
Pasta	Sediaan semisolid dengan kandungan serbuk >50%, sangat kental. Contoh: Pasta Gigi Medisinalis, Pasta ZnO
Balsam/ Linimen	Sediaan cair-kental untuk gosok. Contoh: Balsam Gosok, Linimen Kamphor

Basis Semi Solid

Pemilihan basis semisolid sangat menentukan pelepasan, penetrasi, dan kenyamanan pemakaian obat. Lima kelompok basis utama:

- Basis Hidrokarbon: Vaselin, Paraffin Solidum. Tidak larut air, sangat oklusif, stabil, cocok untuk kulit sangat kering.
- Basis Serap: Lanolin anhidrat, Lanolin. Dapat menyerap air (emulsi W/O in situ), emolien baik.
- Basis Emulsi W/O: Cold cream. Lebih mudah menyebar dari basis hidrokarbon.
- Basis Emulsi O/W (*Washable*): Cetomacrogol Ointment BP, vanishing cream. Mudah dicuci, lebih disukai pasien.
- Basis Larut Air: *PEG Ointment* (Polietilenglikol). Mudah dicuci, tidak berminyak, cocok untuk luka bernanah/basah.

Zat Aktif Semi Solid

Pemilihan zat aktif dalam sediaan semisolid harus mempertimbangkan kelarutannya dalam basis. Strategi pencampuran:

- Zat aktif larut dalam basis berminyak *(lipo-soluble)*: Langsung larut dalam basis yang sudah dicairkan (mis: Retinoat dalam basis krim)
- Zat aktif larut air *(hydro-soluble)*: Larutkan dalam sedikit air, lalu inkorporasikan ke dalam basis emulsi O/W

- Zat aktif serbuk tidak larut: Gerus halus, levigasi dengan sebagian kecil basis, lalu campurkan geometris
  Zat aktif volatil (menthol, camphor): Larutkan dalam pelarut sesuai, campurkan terakhir pada suhu rendah

Emulgator Semi Solid

Emulgator (pengemulsi) adalah bahan yang menstabilkan emulsi dalam sediaan krim dan basis emulsi. Jenis-jenis emulgator:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

- **Emulgator non-ionik:** *Tween (Polisorbat), Span (Sorbitol ester), Cetomacrogol*. Stabil pada berbagai pH, tidak mengiritasi.
- **Emulgator anionik:** Natrium Lauril Sulfat (SLS), Trietanolamin (TEA) dengan asam lemak. Kekuatan emulsifikasi baik.
- **Emulgator kationik:** Benzalkonium Klorida. Juga berfungsi sebagai pengawet/antiseptik.
- **Emulgator amfoterik:** Lesitin. Bahan alami dari kedelai/kuning telur, biokompatibel.
- **Alkohol emulsifying:** Setil Alkohol, Setostearil Alkohol. Menstabilkan emulsi dan meningkatkan konsistensi.

Salep

Salep *(Unguenta)* diatur dalam Farmakope Indonesia sebagai sediaan setengah padat yang ditujukan untuk pemakaian topikal pada kulit atau selaput lendir.

Ketentuan umum pembuatan salep menurut FI:	
1.	Bahan obat larut dalam basis: larutkan langsung dalam basis yang sudah dicairkan
2.	Bahan obat tidak larut dalam basis: gerus halus, ayak, lalu campur dengan basis secara geometris
3.	Bahan obat yang mengandung air (zat berair): campur dengan basis yang dapat bercampur air *(emulsifying base)*
4.	Penyimpanan: dalam wadah tertutup baik, sejuk dan kering, terlindung dari Cahaya

Jenis-jenis Salep

- **Salep Kulit *(Unguenta)*:** untuk kulit, bersifat emolien dan protektif.
  Contoh: Salep Hidrokortison



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

- **Salep Mata *(Oculenta)*:** steril, bebas partikel, untuk pemakaian pada mata.
  Contoh: Salep Tetrasiklin Mata



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

- **Pasta:** mengandung serbuk >50%, sangat kental.
  Contoh: Pasta ZnO



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

- **Krim *(Cremores)*:** emulsi minyak dalam air atau air dalam minyak.
  Contoh: Krim Betametason



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

- **Gel:** sistem koloid semisolid dengan gelling agent.
  Contoh: Gel Diklofenak



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Pembagian Basis Salep

Tipe Basis	Karakteristik	Contoh
Basis Hidrokarbon *(Oleaginous)*	Tidak larut air, tidak dapat bercampur air, bersifat emolien, oklusif	Vaselin album/flavum, parafin liquidum, paraffin solidum
Basis Serap *(Absorption)*	Dapat menyerap air, membentuk emulsi W/O saat dicampur air	Lanolin, beeswax, Aquafor
Basis W/O Emulsi	Tipe air dalam minyak, tidak mudah dicuci air	Cold cream *(Oil/Water emulsion)*
Basis O/W Emulsi *(Washable)*	Mudah dicuci dengan air, tidak berminyak, lebih disukai pasien	Krim vanishing, Cetomacrogol
Basis Larut Air *(Water-soluble)*	Larut sempurna dalam air, tidak berminyak, mudah dibersihkan	PEG Ointment, Carbowax

Zat Aktif dan Zat Tambahan

Zat aktif umum dalam salep: kortikosteroid *(hidrokortison, betametason)*, antibiotik *(tetrasiklin, neomisin)*, antijamur *(mikonazol, ketokonazol)*, salisilat, sulfur, ZnO, resorsinol.

Zat tambahan meliputi: pengawet *(metilparaben, propilparaben)*, emulsifier *(setil alkohol, Tween, Span)*, humektan *(gliserin, propilenglikol)*, antioksidan *(BHT, tokoferol)*, dan parfum.

Pembuatan



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Contoh Resep Salep dan Pengerjaannya



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Gelling Agent

Gelling agent adalah bahan yang memberi konsistensi gel pada sediaan semisolid. Jenis-jenis gelling agent:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis-jenis Gelling Agent		Keterangan
1.	Karbomer *(Carbopol 940/934)*	polimer asam akrilat, membentuk gel jernih pada pH 6-9 setelah dinetralkan dengan
2.	HPMC *(Hidroksipropil metilselulosa)*	polimer selulosa, gel stabil dan jernih
3.	Na-CMC *(Natrium Karboksimetilselulosa)*	polimer selulosa, kental dan bersifat mucilaginous
4.	Agar-agar dan Tragakan	bahan alam, gel termoversibel
5.	Poloxamer *(Pluronic)*	kopolimer blok PEO-PPO-PEO, termoresponsif

10.7 BENTUK SEDIAAN FARMASI CAIR

Sediaan cair *(liquida)* adalah bentuk obat yang mengandung satu atau lebih zat aktif yang terlarut, tersuspensi, atau terdispersi dalam pembawa (medium cair) yang sesuai

Jenis-jenis Sediaan Cair



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis-jenis Sediaan Cair	
Larutan *(Solution)*	Campuran homogen zat terlarut dalam pelarut. Contoh: larutan NaCl 0,9%
Sirup	Larutan pekat gula dengan bahan aktif. Contoh: Sirup Parasetamol, Sirup Amoxicillin
Eliksir	Larutan hidroalkohol dengan pemanis. Contoh: Eliksir Fenobarbital
Suspensi	Partikel padat terdispersi dalam pembawa cair. Contoh: Suspensi Antasida, Kotrimoksazol Suspensi
Emulsi	Sistem dua fase cairan yang tidak bercampur. Contoh: Emulsi Minyak Ikan, Emulsi Paraffin
Injeksi	Larutan/suspensi steril untuk rute parenteral. Contoh: Infus RL, Injeksi Insulin
Tetes Mata *(Guttae Ophthalmicae)*	Larutan/suspensi steril untuk mata. Contoh: Larutan tetes mata *lubricating/artificial tears,* Larutan tetes mata antihistamin

Kelebihan dan Kekurangan Sediaan Cair

- **Kelebihan:** Absorpsi obat di dalam tubuh umumnya lebih cepat, dosis lebih fleksibel, dan mudah ditelan.
- **Kekurangan:** Stabilitas zat aktif dalam air seringkali lebih rendah dibandingkan bentuk padat (rentan terhadap

degradasi suhu, cahaya, dan mikroba) serta umumnya memiliki bobot yang lebih berat untuk dibawa

Contoh Resep Sediaan Cair



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Cara Pengerjaan Resep Sediaan Cair



Sumber: Halimatusa'diyah, dengan modifikasi

10.8 BENTUK SEDIAAN FARMASI GAS

Sediaan farmasi yang mengandung zat aktif dalam bentuk gas, uap, atau aerosol yang digunakan untuk tujuan terapi, diagnostik, maupun anestesi, dan umumnya diberikan melalui inhalasi untuk menghasilkan efek lokal pada saluran pernapasan atau efek sistemik melalui absorpsi di paru-paru.

Jenis-jenis Sediaan Gas



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis	Keterangan	Contoh
Aerosol	Sediaan bertekanan yang menghasilkan semprotan halus.	Salbutamol Inhaler
***Metered Dose Inhaler* (MDI)**	Mengeluarkan dosis tetap setiap semprotan.	Ventolin® Inhaler
***Dry Powder Inhaler* (DPI)**	Obat dalam bentuk serbuk yang dihirup.	Symbicort® Turbuhaler
Nebulizer Solution	Larutan yang diubah menjadi kabut untuk dihirup.	Salbutamol Nebule
Gas Anestesi	Gas yang digunakan untuk pembiusan.	Nitrous Oxide, Sevoflurane

Contoh Resep Sediaan Gas



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Cara Penggunaan Inhaler (MDI)



Sumber: Halimatusa'diyah, dengan modifikasi

10.9 MENIMBANG OBAT

Jenis-jenis Timbangan Obat

Ketepatan penimbangan bahan obat sangat kritis dalam kegiatan meracik. Timbangan yang digunakan di apotek antara lain:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Jenis Timbangan	Kapasitas & Kepekaan	Kegunaan
Timbangan Kasar *(Gram-Waage)*	Kapasitas 1 kg, kepekaan 200 mg	Menimbang bahan obat jumlah besar
Timbangan Halus *(Milligram-Waage)*	Kapasitas 100 g, kepekaan 50 mg	Menimbang bahan dengan jumlah sedang
Timbangan Analitik	Kapasitas 200 g, kepekaan 0,1 mg	Menimbang bahan dalam jumlah kecil/teliti
Timbangan Digital	Bervariasi, kepekaan 0,01-0,1 mg	Menimbang dengan akurasi tinggi, mudah dibaca

Cara Menimbang Bahan Obat



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Berat minimum yang boleh ditimbang: 50 mg untuk timbangan halus dan 500 mg untuk timbangan kasar. Jika berat yang dibutuhkan di bawah batas minimum, gunakan teknik pengenceran.

Cara Pengenceran

Prinsip pengenceran: mencampurkan bahan obat dengan bahan pengencer inert (laktosa, amilum) secara geometris.

Jenis Pengenceran Berdasarkan Bobot

- Bobot >= 50 mg -> Timbang langsung (tidak perlu pengenceran)
- 1 mg <= bobot < 50 mg -> Pengenceran 1 tingkat
- Bobot < 1 mg -> Pengenceran bertingkat (2 tahap atau lebih)

10.10 PULVIS DAN PULVERES

Definisi

Pulvis adalah sediaan berupa serbuk kering yang belum dibagi menjadi dosis satuan. Pulveres adalah sediaan serbuk yang sudah dibagi menjadi dosis satuan, masing-masing dibungkus dalam kertas perkamen atau bahan kemasan yang sesuai (disebut juga serbuk terbagi).



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Proses menyerbukkan obat *(comminution)* dilakukan dengan cara:	
Triturasi	Menggerus bahan dalam mortir dengan stamper
Levigasi	Menggerus bahan dengan menambahkan sedikit cairan levigasi *(gliserin/propilen glikol)* untuk bahan yang sulit digerus
Spatulasi	Mencampur serbuk di atas kertas/slab dengan spatula
Pengayakan *(Sieving)*	Memisahkan serbuk berdasarkan ukuran partikel menggunakan ayakan mesh tertentu

Cara Pengerjaan Resep Pulvis et Pulveres



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Keuntungan dan Kerugian Bentuk Sediaan Pulvis et Pulveres

Keuntungan	Kerugian
Serbuk lebih mudah terdispersi dan lebih larut dari pada sediaan yang dipadatkan	Kurang praktis dibandingkan tablet/kapsul

Anak-anak atau orang tua yang sukar menelan kapsul atau tablet lebih mudah menggunakan obat dalam bentuk serbuk	Tidak cocok untuk bahan obat yang rasanya sangat pahit
Masalah stabilitas yang sering dihadapi dalam sediaan cair,	Mudah menyerap kelembaban *(higroskopis)*
Obat yang tidak stabil dalam suspense atau larutan air dapat dibuat dalam bentuk serbuk	Stabilitas lebih rendah dibanding kapsul/tablet
Obat yang terlalu besar volumenya untuk dibuat tablet atau kapsul dapat dibuat dalam bentuk serbuk	Tidak cocok untuk zat yang mudah terurai atau volatil
Dokter lebih leluasa dalam memilih dosis yang sesuai dengan keadaan pasien	

Pemakaian Tablet dalam Pulvis et Pulveres

Tablet digunakan dalam pembuatan pulveres bila:

1. Bahan aktif tidak tersedia dalam bentuk serbuk/serbuk farmasi murni
2. Dosis yang dibutuhkan kecil dan lebih mudah diukur dari tablet standar
3. Ekonomis dan praktis dibanding membeli bahan baku aktif

Perhitungan jumlah tablet yang diperlukan:

Contoh Perhitungan Tablet:

Resep: Parasetamol 100 mg untuk 12 bungkus
Sediaan yang tersedia: Tablet Parasetamol 500 mg
Total Parasetamol = 100 mg x 12 = 1200 mg
Jumlah tablet = 1200 mg / 500 mg = 2,4 tablet
Maka diambil: 3 tablet (hitung berlebih, lalu ditimbang tepat 1200 mg dari hasil gerusan)

Syarat-syarat tablet yang boleh dan tidak boleh diserbukkan:

Tablet yang BOLEH diserbukkan harus memenuhi syarat berikut:	
1.	Tablet biasa *(conventional tablets)* tanpa salut khusus
2.	Tidak bersifat *sustained release, extended release*, atau *controlled release*
3.	Tidak memiliki salut enterik *(enteric coating)* yang penting secara farmakologis
4.	Tidak mengandung zat yang sangat iritatif terhadap mukosa saluran cerna
5.	Tidak mengandung zat sitotoksik (tablet kemoterapi tidak boleh diserbukkan)

Tablet yang TIDAK BOLEH diserbukkan:	
1.	Tablet salut enterik (EC): Hancurnya salut di lambung akan membuat obat rusak atau mengiritasi lambung
2.	*Tablet sustained/extended release* (SR/XR/ER): Menyerbukkan akan merusak mekanisme pelepasan terkendali dan berpotensi overdosis
3.	Tablet sublingual dan buccal: Formulasi khusus untuk absorpsi di bawah lidah
4.	Tablet sitotoksik: Bahaya kontaminasi bagi peracik

10.11 PULVIS ADSPERSORIUS (SERBUK TABUR)

Definisi

Pulvis Adspersorius (Serbuk Tabur) adalah sediaan serbuk halus yang digunakan secara topikal pada kulit dengan cara ditaburkan atau dioleskan menggunakan puff atau tangan.

Bahan-bahan obat yang umum digunakan dalam serbuk tabur:

- **Bahan aktif:** ZnO (antiseptik, astringen), Asam Salisilat (keratolitik, antijamur), Sulfur Presipitat (anti skabies), Menthol (antipruritus)
- **Bahan pengisi:** Talk (Talcum Venetum), Amilum (pati jagung/beras), Laktosa, Kaolin
- **Bahan tambahan:** Parfum/pewangi (boleh dalam jumlah kecil), Pewarna (bila diperlukan)

Keuntungan dan Kerugian Bentuk Sediaan Pulvis Adspersorius

Keuntungan	Kerugian
Mudah digunakan dan tidak menimbulkan rasa perih	Tidak dapat digunakan pada luka terbuka atau kulit basah
Mengurangi gesekan di lipatan kulit (antifriksi)	Dapat terhirup dan mengganggu pernapasan
Menyerap keringat dan kelembaban berlebih	Kurang efektif untuk infeksi dalam atau berat

Efek lokal langsung pada kulit	Sulit diaplikasikan pada area tertentu (rambut)
Tidak mengiritasi (jika formulasi tepat)	Stabilitas terbatas jika mengandung bahan higroskopis

Teknik Meracik Serbuk Tabur



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Cara Pengerjaan Resep Pulvis Adspersorius



Sumber: oleh penerbit Yapindo dengan modifikasi

Mencampur Serbuk

Prinsip pencampuran serbuk yang baik *(good mixing practice)*:

- Geometris: Mulai dari bahan jumlah terkecil, tambahkan bahan berikutnya dalam jumlah sama/dua kali lipat secara bertahap
- Bahan berwarna dicampur setelah bahan putih untuk memudahkan evaluasi homogenitas
- Bahan berminyak *(extr. spissum)* dicampur setelah serbuk kering lain
- Bahan dengan BJ besar cenderung mengendap; gerus dan campur ekstra lama
- Gunakan mortir panas untuk bahan yang melebur jika perlu

10.12 *BEYOND USE DATE*

Definisi *Beyond-use Date* (BUD)

Beyond-use Date (BUD) adalah batas waktu penggunaan produk racikan setelah disiapkan, dan berbeda dengan tanggal kedaluwarsa *(expiration date)* produk yang sudah jadi.

BUD ditentukan oleh apoteker berdasarkan sifat bahan, kondisi penyimpanan, dan standar yang berlaku.

Perbedaan *Expiration Date* vs BUD:



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Aspek	Expiration Date	Beyond-use Date (BUD)
Penentu	Pabrik/Produsen (berdasarkan uji stabilitas)	Apoteker (berdasarkan standar literatur)
Kondisi	Produk utuh, kemasan belum dibuka	Produk sudah diracik/dibuka/ diencerkan

Regulasi	Berdasarkan data stabilitas jangka panjang	Berdasarkan USP <795>, <797>, <800>
Pencantuman	Pada kemasan primer produk jadi	Pada etiket sediaan racikan

Cara Menetapkan *Beyond-use Date*

Penetapan BUD mengacu pada **United States Pharmacopeia (USP) Chapter <795> untuk sediaan non-steril dan <797> untuk sediaan steril.** Pedoman umum BUD menurut **USP <795> (2023):**



Sumber: Chatgpt dengan modifikasi

Bila ada data stabilitas spesifik dari literatur ilmiah (jurnal, buku farmakologi), BUD dapat disesuaikan berdasarkan data tersebut. Dalam menentukan BUD juga harus mempertimbangkan wadah, cahaya, suhu, dan kemungkinan kontaminasi selama penggunaan.

Sumber-sumber Prescription Error

Prescription error (kesalahan resep) adalah setiap kejadian yang dapat mencegah pasien mendapatkan terapi yang tepat atau menimbulkan bahaya. Sumber-sumber *prescription error* antara lain:

A. Kesalahan pada Tahap Penulisan Resep *(Prescribing Error)*	
1.	Penulisan dosis yang tidak tepat *(overdosis/underdosis)*
2.	Pemilihan obat yang tidak tepat (tidak sesuai diagnosis)
3.	Tidak mempertimbangkan kontraindikasi dan alergi pasien
4.	Tulisan tangan dokter yang tidak terbaca *(illegible handwriting)*
5.	Penggunaan singkatan yang ambigu atau tidak standar
6.	Tidak mencantumkan durasi terapi

B. Kesalahan pada Tahap Pembacaan/Transkripsi Resep	
1.	Kesalahan membaca tulisan dokter *(look-alike/sound-alike drugs)*
2.	Kesalahan memasukkan data ke sistem komputer
3.	Kesalahan menyalin resep ke salinan resep

C. Kesalahan pada Tahap Peracikan *(Compounding Error)*	
1.	Kesalahan menghitung dosis atau jumlah bahan
2.	Penggunaan bahan obat yang salah atau kadaluarsa
3.	Kesalahan teknik meracik yang menyebabkan ketidakhomogenan
4.	Kontaminasi silang antar bahan

D. Kesalahan pada Tahap Penyerahan *(Dispensing Error)*	
1.	Menyerahkan obat kepada pasien yang salah
2.	Memberikan informasi aturan pakai yang salah
3.	Tidak memberikan konseling tentang efek samping dan interaksi obat

E. Pencegahan *Prescription Error*	
1.	Implementasi Medication Reconciliation di setiap pelayanan
2.	Penggunaan sistem e-prescribing untuk menggantikan resep tulisan tangan
3.	Double-check system: apoteker dan tenaga teknis kefarmasian memeriksa ulang
4.	Pelaksanaan pharmaceutical care dan konseling pasien secara rutin
5.	Dokumentasi yang lengkap dan sistem pelaporan insiden keselamatan pasien

FARMASI FISIKA

11.1 SIFAT PADATAN SENYAWA AKTIF PADA SEDIAAN FARMASI

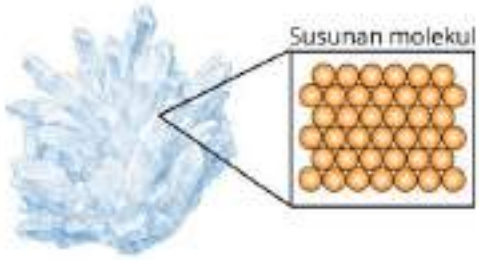
Konsep Dasar

Sifat padatan senyawa aktif pada sediaan farmasi merujuk pada karakteristik fisik dan kimia zat aktif obat yang berada dalam bentuk padat, seperti serbuk, kristal, atau amorf, yang dapat memengaruhi kualitas dan kinerja sediaan obat.

Klasifikasi sifat padatan

1	Klasifikasi pertama berdasarkan struktur padatan, yaitu padatan kristalin dan amorf
2	Klasifikasi kedua berdasarkan ukuran dan morfologi partikel.
3	Klasifikasi ketiga berdasarkan sifat permukaan dan higroskopisitas.
4	Klasifikasi keempat berdasarkan sifat mekanik dan sifat termal padatan.

Kristalin



Widhi K A/Wikipedia, dengan modifikasi

Padatan kristalin memiliki susunan molekul yang teratur dan tersusun dalam pola tiga dimensi yang berulang yang disebut kisi kristal.

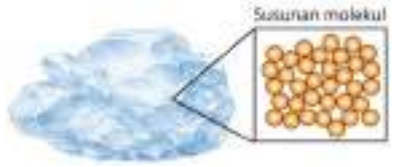
Karakteristik Utama Kristalin

Bentuk kristalin memiliki titik lebur yang spesifik dan rentang lebur sempit. Adanya pengotor dapat mengubah atau memperlebar rentang titik lebur.

Stabilitas Kristalin

Bentuk kristalin lebih stabil secara fisik dan kimia karena memiliki energi bebas yang lebih rendah serta lebih tahan terhadap perubahan suhu dan kelembaban.

Amorf



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Bentuk amorf adalah padatan senyawa aktif dengan susunan molekul yang tidak teratur dan tidak membentuk kisi kristal.

Karakteristik Utama Amorf

Padatan amorf memiliki kelarutan dan laju disolusi lebih tinggi dibandingkan bentuk kristalin karena energi bebasnya lebih besar dan strukturnya tidak teratur.

Stabilitas Amorf

Padatan amorf memiliki stabilitas fisik rendah dan dapat berubah menjadi bentuk kristalin selama penyimpanan.

Pseudopolimorf



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Pseudopolimorf adalah variasi bentuk kristal yang terjadi karena adanya molekul pelarut dalam struktur kristalnya.

Karakteristik Utama Pseudopolimorf

Pseudopolimorf memiliki sifat fisik yang dipengaruhi oleh interaksi antara molekul obat dan molekul pelarut dalam struktur kristalnya.

Stabilitas Pseudopolimorf

Pseudopolimorf dapat berubah antara bentuk hidrat dan anhidrat akibat perubahan suhu atau kelembaban.

Polimorf



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Polimorf adalah kemampuan suatu senyawa membentuk lebih dari satu struktur kristal berbeda meskipun memiliki komposisi kimia yang sama.

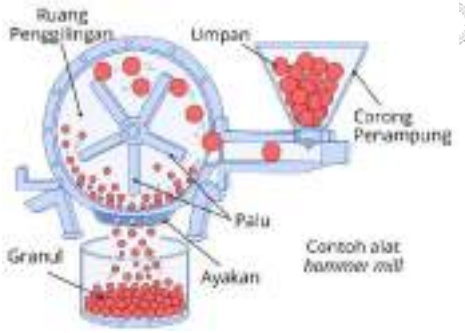
Karakteristik Utama Polimorf

Setiap bentuk polimorf dari suatu senyawa aktif dapat memiliki karakteristik yang berbeda, seperti titik lebur, densitas, stabilitas, serta kelarutan.

Pemanfaatan Sifat Kristal
Meningkatkan Stabilitas Obat
Mengontrol Kelarutan dan Laju Disolusi
Mendukung Proses Formulasi Sediaan Padat
Identifikasi dan Pengujian Kemurnian Bahan Aktif
Pengembangan Polimorf Obat

11.2 PROSES MANUFAKTUR SIFAT PADATAN SENYAWA AKTIF

Penggilingan



Naresh Bhakar/pharmaguddu, dengan modifikasi

Tujuan proses ini adalah meningkatkan luas permukaan partikel untuk memperbaiki kelarutan, laju disolusi, serta homogenitas campuran dalam formulasi sediaan obat.

Dalam proses penggilingan, partikel padat mengalami pemecahan ukuran melalui beberapa mekanisme, yaitu kompresi, tumbukan (*impact*), gesekan (*attrition*), dan pemotongan (*cutting*).

Pengayakan

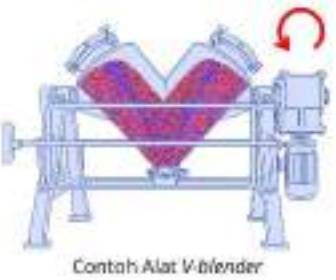


Andarupm, dengan modifikasi

Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperoleh distribusi ukuran partikel yang seragam sehingga dapat meningkatkan kualitas bahan dalam proses formulasi sediaan obat.

Dalam pengayakan, partikel dipisahkan berdasarkan ukuran menggunakan ayakan berpori tertentu. Partikel kecil lolos melalui ayakan, sedangkan partikel besar tertahan.

Pencampuran



Petty Fu/jinlupacking, dengan modifikasi

Pencampuran bertujuan untuk menggabungkan dua atau lebih bahan padat, seperti bahan aktif dan eksipien, sehingga diperoleh campuran yang homogen.

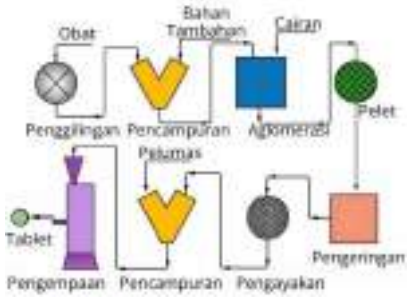
Dalam proses pencampuran bahan padat, terdapat beberapa mekanisme yang terjadi, yaitu difusi, konveksi, dan geseran.

Granulasi

Tujuan utama dari proses ini adalah untuk memperbaiki sifat fisik serbuk, seperti meningkatkan kemampuan alir, memperbaiki kompresibilitas, serta mengurangi terjadinya segregasi partikel selama proses produksi.

Terdapat dua metode utama granulasi:

Granulasi basah



Fithrul Mubarok/Farmasiindustri, dengan modifikasi

Granulasi basah dilakukan dengan menambahkan cairan pengikat pada campuran serbuk untuk membentuk granul yang kemudian dikeringkan.

Granulasi kering



Fithrul Mubarok/Farmasiindustri, dengan modifikasi

Granulasi kering dilakukan tanpa penambahan cairan melalui pemadatan serbuk yang kemudian dihancurkan menjadi granul.

Pengeringan



iqsdirectory, dengan modifikasi

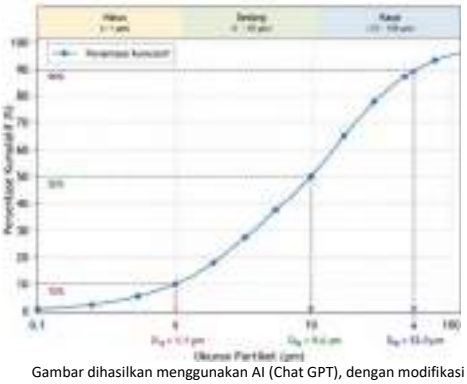
Pengeringan bertujuan mengurangi kadar air dalam bahan atau granul hingga mencapai tingkat kelembaban yang sesuai untuk proses selanjutnya.

11.3 SIFAT DASAR PARTIKEL

Definisi

Sifat dasar partikel merupakan aspek penting dalam farmasi karena memengaruhi proses manufaktur dan kualitas sediaan farmasi.

Distribusi Ukuran Partikel

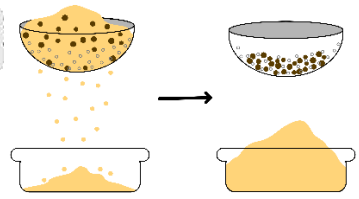


Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Distribusi ukuran partikel menunjukkan persentase partikel pada berbagai rentang ukuran dan biasanya disajikan dalam bentuk kurva atau grafik.

Metode Pengukuran Partikel

- **Metode pengayakan (*sieving*)**



Sulari Thimchukun/vecteezy, dengan modifikasi

Metode ini dilakukan dengan menggunakan serangkaian ayakan yang memiliki ukuran pori berbeda.

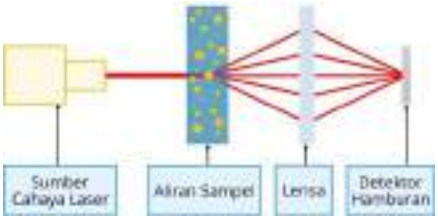
- **Metode sedimentasi**



geeksforgeeks, dengan modifikasi

Metode yang didasarkan pada kecepatan pengendapan partikel dalam suatu cairan.

- **laser *diffraction***



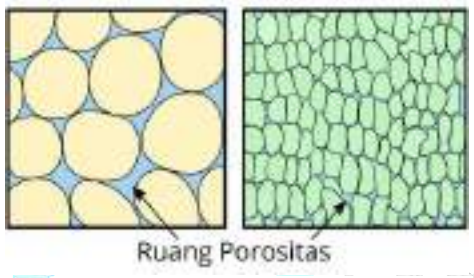
mtoz-biolabs, dengan modifikasi

Metode ini bekerja dengan prinsip hamburan cahaya ketika sinar laser mengenai partikel dalam sampel.

Bentuk Ukuran Partikel dan Luas

Bentuk, ukuran partikel, dan luas permukaan merupakan karakteristik penting dari bahan padat yang sangat berpengaruh dalam bidang farmasi

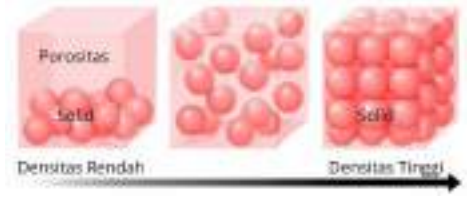
Porositas Serbuk



Drillingformulas, dengan modifikasi

Porositas adalah persentase ruang kosong di antara partikel dalam serbuk atau granul yang dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, dan susunan partikel.

Densitas Partikel



Olivia Frost/azosensors, dengan modifikasi

Densitas partikel menggambarkan perbandingan massa terhadap volume partikel dan dibedakan menjadi densitas sejati, partikel, serta densitas curah.

Sifat-Sifat Turunan Serbuk

Aliran Serbuk	Kemampuan serbuk mengalir
Kompresibilitas	Kemampuan dipadatkan
Kohesi, Adhesi	Gaya tarik antarpartikel

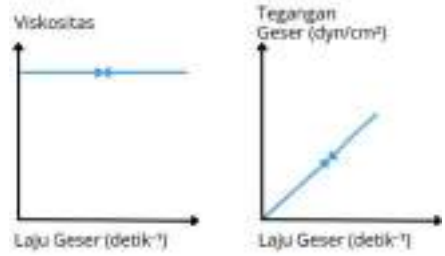
11.4 SIFAT ALIR CAIRAN

Definisi

Sifat alir cairan adalah karakteristik yang menggambarkan kemampuan cairan untuk mengalir saat diberi gaya/tekanan.

Tipe Sifat Alir

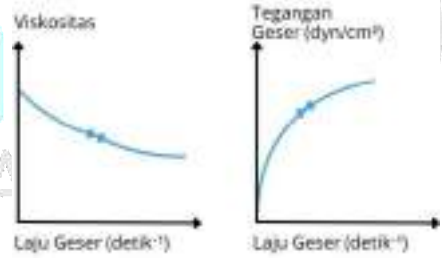
- **Aliran Newtonian**



visco-meter, dengan modifikasi

Pada sistem ini, viskositas cairan tetap konstan meskipun terjadi perubahan gaya geser atau kecepatan aliran.

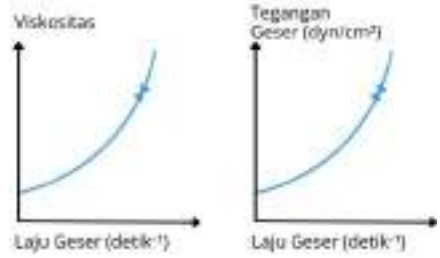
- **Aliran Non-Newtonian**



visco-meter, dengan modifikasi

Aliran Non-Newtonian Adalah aliran pseudoplastik. Pada sistem ini, viskositas cairan akan menurun ketika gaya geser meningkat.

- **Aliran Dilatant**

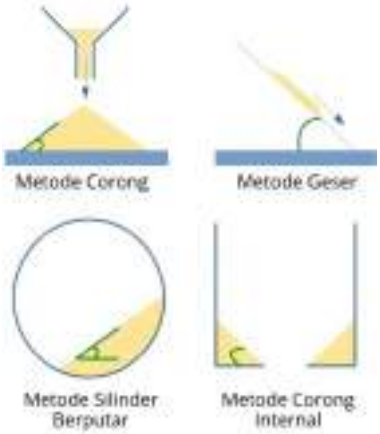


visco-meter, dengan modifikasi

Pada sistem ini, viskositas justru meningkat ketika gaya geser bertambah.

Metode Penentu Sifat Alir

- **Sudut diam (*angle of repose*)**



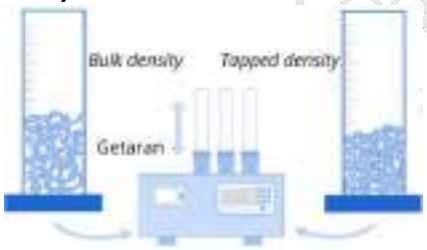
Powderprocess, dengan modifikasi

Metode ini dilakukan dengan mengalirkan serbuk melalui corong hingga membentuk tumpukan kerucut pada permukaan datar.

Rumus *angle of repose:*

$$\frac{tinggi\ tumpukan}{jari - jari\ tumpukan}$$

- **Pengukuran *bulk density* dan *tapped density***



Bettersizeinstruments, dengan modifikasi

Pada metode ini, serbuk dimasukkan ke dalam suatu wadah dengan volume tertentu, kemudian diukur massanya untuk menentukan densitas curah.

Rumus *Bulk density:*

$$\frac{Mass}{Bulk\ Volume}$$

Rumus *Tapped density*:

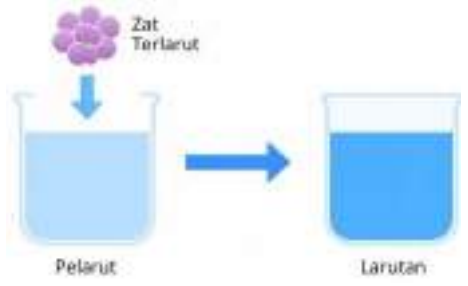
$$Mass$$

11.5 USAHA MENINGKATKAN KELARUTAN SUATU ZAT

Konsep Dasar

Peningkatan kelarutan obat dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel, penggunaan kosolven, pembentukan kompleks, dan pembuatan dispersi padat.

Larutan dan Kelarutan



Chin Trento/samaterials, dengan modifikasi

Zat terlarut adalah zat yang dilarutkan dalam suatu pelarut, sedangkan pelarut adalah zat yang melarutkan komponen lain dan biasanya jumlahnya lebih banyak dalam suatu larutan.

Proses pelarutan terjadi ketika molekul atau ion dari zat terlarut berinteraksi dengan molekul pelarut.

Pelarut dan Zat Terlarut

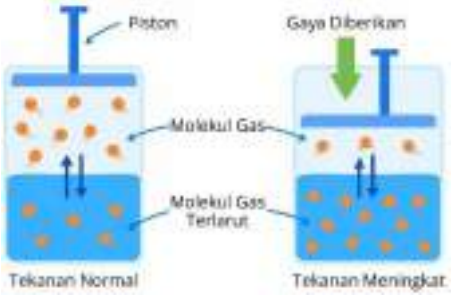


Keemiaa, dengan modifikasi

Interaksi antara bahan pelarut dan zat terlarut merupakan proses penting dalam pembentukan suatu larutan.

Pada proses pelarutan, molekul pelarut mengelilingi dan memisahkan zat terlarut menjadi molekul atau ion yang lebih kecil melalui proses solvasi (hidrasi jika pelarutnya air), sehingga zat terdispersi merata dalam pelarut.

Kelarutan Gas dalam Cairan



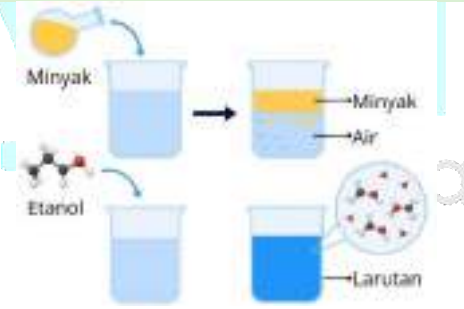
Edurev, dengan modifikasi

Kelarutan gas dalam cairan adalah kemampuan gas untuk larut dan terdispersi merata dalam pelarut cair.

Proses ini terjadi ketika molekul gas berinteraksi dengan molekul pelarut dan terdispersi secara merata di dalam cairan.

Hukum Henry menyatakan bahwa jumlah gas yang larut dalam cairan berbanding lurus dengan tekanan parsial gas di atas permukaan cairan.

Kelarutan Zat Cair dalam Zat Cair



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

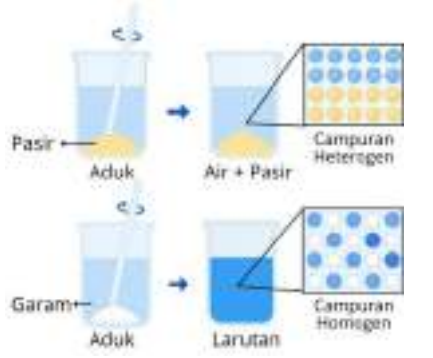
Kelarutan zat cair dalam zat cair merupakan kemampuan suatu cairan untuk bercampur dengan cairan lain sehingga membentuk campuran homogen.

Kelarutan dua zat cair dipengaruhi oleh sifat kimianya. Prinsip *like dissolves like* menyatakan bahwa zat polar cenderung larut dalam pelarut polar, sedangkan zat nonpolar larut dalam pelarut nonpolar.

Berdasarkan tingkat kelarutannya, dapat dibedakan menjadi beberapa jenis:

Jenis	Karakteristik
Miscible	Bercampur sempurna
Partially Miscible	Bercampur hanya dalam batas tertentu
Immiscible	Tidak dapat bercampur

Kelarutan Zat Padat dalam Zat Cair



shutterstock, dengan modifikasi

Kelarutan zat padat dalam zat cair merupakan kemampuan suatu zat padat untuk larut dalam pelarut cair sehingga membentuk larutan homogen.

Proses pelarutan zat padat dalam zat cair meliputi pemisahan partikel dari kristal, interaksi dengan pelarut, dan difusi hingga terbentuk larutan homogen serta mencapai keseimbangan.

11.6 PENGARUH SURFAKTAN TERHADAP KELARUTAN

Definisi



Digrow, dengan modifikasi

Surfaktan adalah senyawa yang menurunkan tegangan permukaan antar fase. Salah satu mekanisme utama surfaktan dalam meningkatkan kelarutan adalah melalui pembentukan misel.

Sistem Klasifikasi Biofarmasetikal



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Sifat Penting Surfaktan

Sifat	Keterangan
Penurun Tegangan Permukaan	Menurunkan tegangan permukaan & antarmuka
Wetting Agent	Membantu pembasahan permukaan padatan
Emulgator	Membantu pencampuran minyak dan air
Solubilizing Agent	Meningkatkan kelarutan zat yang sukar larut

11.7 UJI STABILITAS SUATU ZAT DAN SEDIAAN FARMASI

Definisi

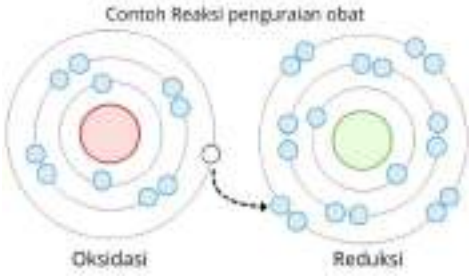
Uji stabilitas adalah merupakan proses pengujian yang dilakukan untuk menilai kemampuan zat mempertahankan kualitas, keamanan, dan efektivitas selama penyimpanan.

Tujuan utama dari uji stabilitas adalah untuk menentukan masa simpan (*shelf life*) suatu produk farmasi serta kondisi penyimpanan yang sesuai.

Faktor Memengaruhi Kecepatan Reaksi Obat Dalam Larutan

Faktor	Pengaruh
Suhu	Berpengaruh terhadap kecepatan reaksi obat dalam larutan
pH Larutan	Menentukan stabilitas obat pada kisaran pH tertentu
Katalis atau Pengotor	Mempercepat atau memengaruhi kecepatan reaksi obat

Reaksi Penguraian Obat dan Stabilisitas Obat



Erwin Widianto/bloglab, dengan modifikasi

Reaksi penguraian obat merupakan proses perubahan kimia yang terjadi pada zat aktif obat sehingga menghasilkan senyawa lain yang berbeda dari bentuk aslinya.

Stabilitas obat merupakan kemampuan suatu zat atau sediaan farmasi untuk mempertahankan sifat fisik, kimia, mikrobiologi, serta potensi terapinya selama periode penyimpanan.

Faktor	Pengaruh Stabilitas Obat
Suhu	Mempercepat degradasi obat
pH	Memengaruhi kestabilan obat
Cahaya	Menyebabkan fotodegradasi
Oksigen	Memicu reaksi oksidasi obat
Kelembaban	Mempercepat kerusakan

Analisis Stabilitas Dipercepat

Analisis stabilitas dipercepat adalah metode untuk menilai kestabilan sediaan farmasi dalam waktu singkat.

Prinsip dasar dari analisis stabilitas dipercepat adalah mempercepat terjadinya reaksi degradasi dengan meningkatkan faktor-faktor yang memengaruhi laju reaksi kimia, terutama suhu.

Perhitungan Usia Simpan

Perhitungan usia simpan (*shelf life*) dalam farmasi umumnya didasarkan pada kinetika reaksi degradasi obat, terutama menggunakan pendekatan orde reaksi (orde nol, orde satu, atau orde dua).

Rumus reaksi orde nol:

$$t_{90} = \frac{(0{,}1 \times C_0)}{K}$$

Keterangan:

t_{90} = waktu saat kadar obat tinggal 90%

C_0 = konsentrasi awal obat

k = konstanta laju reaksi orde nol

Rumus reaksi orde satu:

$$t_{90} = \frac{0{,}105}{K}$$

Keterangan:

t_{90} = usia simpan (shelf life)

k = konstanta laju reaksi orde satu

Rumus reaksi orde satu:

$$t_{90} = \frac{1}{(9 \times k \times C_0)}$$

Keterangan:

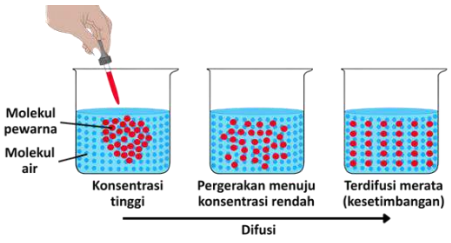
t_{90} = waktu saat kadar obat tinggal 90%

k = konstanta laju reaksi orde dua

C_0 = konsentrasi awal

11.8 TERJADINYA DIFUSI

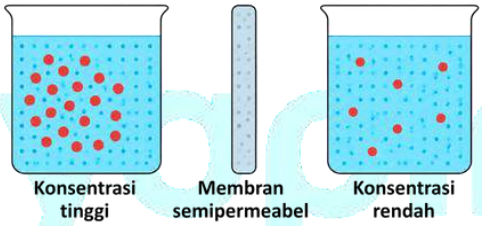
Definisi



Sumber: sciencefacts, modifikasi

Difusi merupakan proses perpindahan molekul atau partikel dari daerah dengan konsentrasi tinggi menuju daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah hingga tercapai keseimbangan.

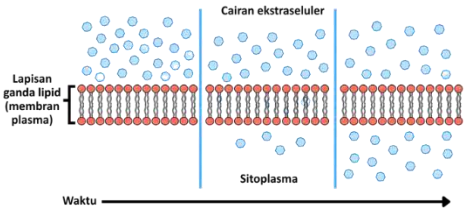
Difusi Keadaan Tunak



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Difusi keadaan tunak merupakan kondisi difusi di mana laju perpindahan zat melalui suatu medium berlangsung secara konstan terhadap waktu.

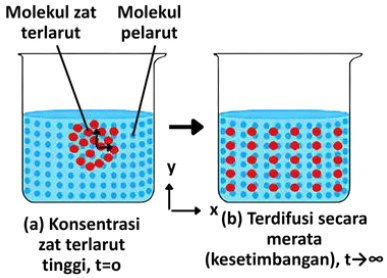
Prinsip Difusi dalam sistem Biologi



Sumber: Sagar/microbenotes, modifikasi

Prinsip difusi dalam sistem biologi merupakan proses perpindahan molekul atau zat dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke daerah dengan konsentrasi yang lebih rendah melalui suatu medium atau membran biologis.

Termodinamika Difusi



Sumber: universe-review, modifikasi

Termodinamika difusi merupakan cabang ilmu yang mempelajari perpindahan zat berdasarkan prinsip-prinsip energi dan keseimbangan dalam suatu sistem.

Hukum Fick Pertama

Rumus Hukum Fick I (*Fick's First Law*):

$$J \propto \frac{d\varphi}{dx} \quad \text{Atau} \quad J = -D\frac{d\varphi}{dx}$$

Penjelasan:

J = fluks difusi.

D = koefisien difusi atau difusivitas.

$d\varphi$ = perubahan konsentrasi partikel.

dx = perubahan posisi atau jarak.

$\frac{d\varphi}{dx}$ = gradien konsentrasi partikel.

Sumber: sciencefacts, modifikasi

Hukum Fick pertama merupakan salah satu prinsip dasar dalam ilmu difusi yang menjelaskan hubungan antara laju perpindahan zat dengan gradien konsentrasi dalam suatu sistem.

Hukum Fick Kedua

Rumus Hukum Fick II (*Fick's Second Law*):

$$\frac{d\varphi}{dt} \quad \text{Atau} \quad D\frac{d^2\varphi}{dx^2}$$

Penjelasan:

$d\varphi$ = perubahan konsentrasi partikel

dt = Perubahan waktu.

dx = perubahan posisi atau jarak

D = koefisien difusi atau difusivitas

$\frac{d\varphi}{dt}$ = gradien konsentrasi partikel

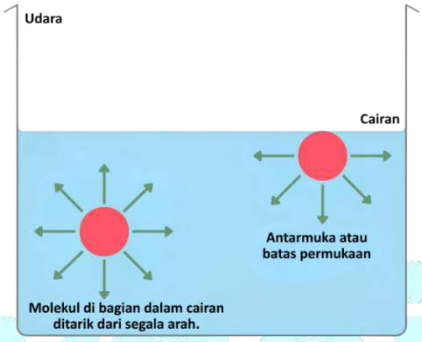
$\frac{d^2\varphi}{dx^2}$ = Turunan kedua dari gradien konsentrasi terhadap posisi.

Sumber: sciencefacts, modifikasi

Hukum Fick kedua merupakan pengembangan dari Hukum Fick pertama yang digunakan untuk menjelaskan proses difusi dalam kondisi tidak tunak atau ketika konsentrasi zat berubah terhadap waktu. Hukum ini menggambarkan bagaimana distribusi konsentrasi suatu zat dalam suatu medium berubah seiring berjalannya waktu akibat proses difusi.

11.9 FENOMENA PERMUKAAN

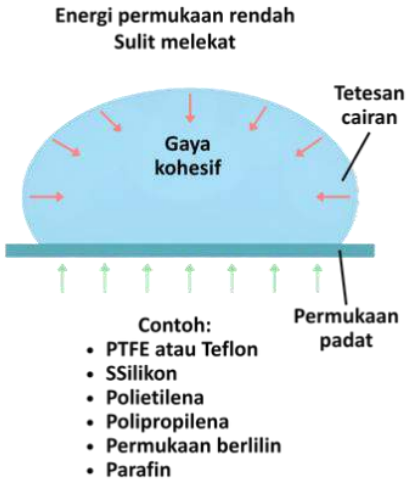
Tegangan Permukaan



Sumber: sciencefacts, modifikasi

Tegangan permukaan merupakan fenomena fisika yang terjadi pada permukaan suatu cairan akibat adanya gaya tarik-menarik antar molekul di dalam cairan tersebut.

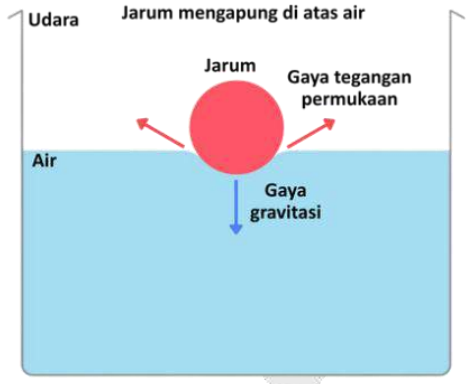
Gaya Kohesi



Sumber: sciencefacts, modifikasi

Tegangan permukaan sangat dipengaruhi oleh kekuatan gaya tarik antar molekul dalam cairan, yang dikenal sebagai gaya kohesi.

Fenomena Permukaan Zat

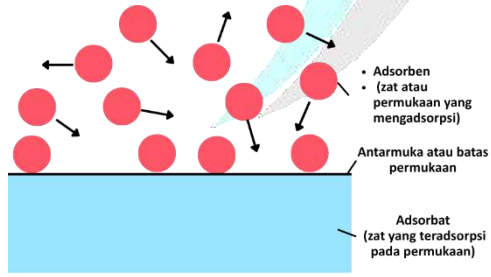


Sumber: sciencefacts, modifikasi

Fenomena permukaan zat merupakan segala peristiwa yang terjadi pada batas antara dua fase, seperti padat–cair, cair–cair, atau cair–gas, yang memiliki sifat berbeda dibandingkan bagian dalam (*bulk*) zat tersebut.

11.10 ADSORPSI

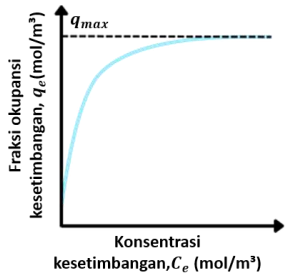
Definisi



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Adsorpsi merupakan fenomena permukaan di mana molekul, ion, atau partikel dari suatu fase (gas, cair, atau larutan) menempel pada permukaan zat lain yang disebut adsorben. Proses ini sangat dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben, sifat kimia zat yang terlibat, serta kondisi lingkungan seperti suhu dan tekanan.

Isoterm Adsorpsi



Rumus Isoterm Langmuir :

$$q_e = \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Penjelasan:

K_L = **Konstanta Langmuir**

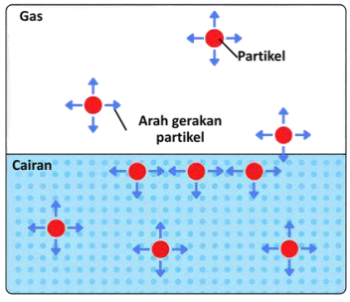
q_{max} = **Kapasitas adsorpsi maksimum**

Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan antara jumlah zat yang teradsorpsi dengan konsentrasi atau tekanan pada suhu tertentu. Model isoterm yang sering digunakan adalah isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Model Isoterm	Deskripsi
Langmuir	Adsorpsi terjadi pada permukaan homogen dalam satu lapisan molekul (*MONOLAYER*).
Freundlich	Adsorpsi terjadi pada permukaan heterogen dan dapat membentuk lebih dari satu lapisan (*MULTILAYER*).

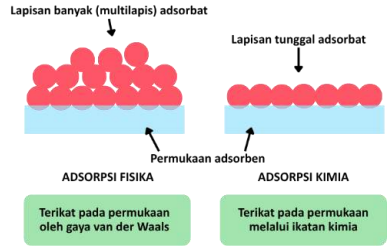
Adsorpsi Antar Permukaan Cair



Sumber: kruss-scientific, modifikasi

Adsorpsi pada antar permukaan cair merupakan fenomena di mana molekul suatu zat terakumulasi atau menempel pada batas antara dua fase cair yang tidak saling bercampur, seperti minyak dan air.

Adsorpsi Pada Antar-muka Padatan



Sumber: Sarkar/researchgate, modifikasi

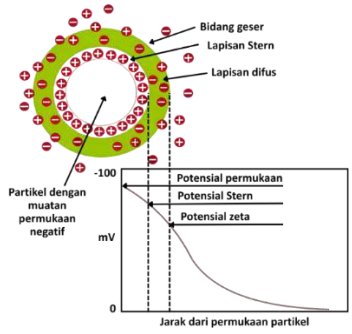
Adsorpsi pada antar-muka padatan merupakan proses penumpukan molekul, ion, atau partikel dari suatu fase (gas atau cair) pada permukaan zat padat.

Aplikasi Bahan Aktif Permukaan

Aplikasi bahan aktif permukaan atau surfaktan sangat luas dalam bidang farmasi karena kemampuannya untuk menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antar-muka antara lain adalah:

Fungsi Surfaktan	Mekanisme Kerja
Emulgator	Menurunkan tegangan d dan membentuk lapisan pelindung pada tetesan emulsi
Wetting Agent	Membantu cairan membasahi permukaan partikel obat
Solubilisator	Membentuk misel yang menjebak zat aktif hidrofobik
Detergen/Agen Pembersih	Mengangkat dan mendispersikan kotoran atau

Sifat Elektrik Antar Permukaan



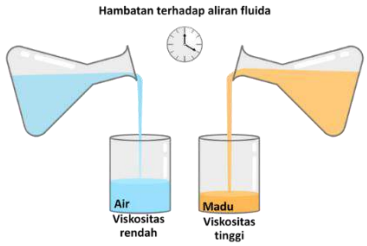
Sumber: analytik, modifikasi

Sifat elektrik antar permukaan merupakan fenomena yang berkaitan

dengan adanya muatan listrik pada batas antara dua fase, seperti padatan-cair, cair-cair, atau padatan-gas.

11.11 RHEOLOGI & SIFAT FLUIDA

Viskositas



Sumber: sciencefacts, modifikasi

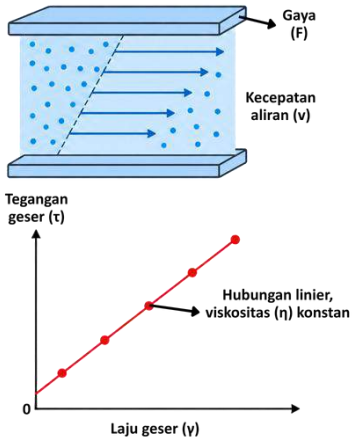
Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besarnya hambatan terhadap aliran. Semakin tinggi viskositas suatu zat, maka semakin sulit zat tersebut untuk mengalir.

Newtonian & Non-Newtonian

Fluida Newtonian	Fluida Non-Newtonian
Viskositas konstan	Viskositas berubah
Hubungan shear stress-shear rate linier	Hubungan shear stress-shear rate nonlinier
Contoh: air, alkohol, gliserol	Contoh: emulsi, suspensi, gel

Sistem Newtonian dan non-Newtonian merupakan klasifikasi fluida berdasarkan hubungan antara tegangan geser dan laju geser.

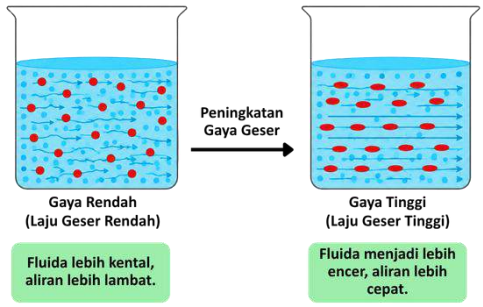
Fluida Newtonian



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Fluida Newtonian, hubungan antara keduanya bersifat linier, artinya viskositas tetap konstan meskipun terjadi perubahan gaya atau kecepatan aliran.

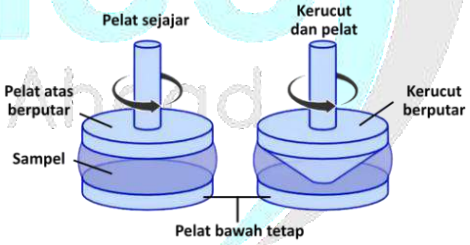
Sistem Non-Newton



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sistem non-Newton merupakan jenis sistem fluida yang tidak mengikuti hukum viskositas Newton, di mana hubungan antara tegangan geser dan laju geser tidak bersifat linier.

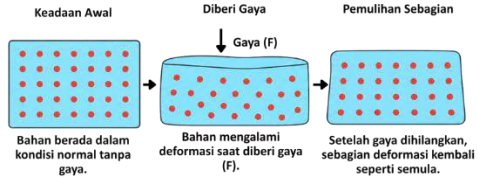
Penentuan Sifat-sifat Reologi



Sumber: measurlabs, modifikasi

Penentuan sifat-sifat reologi merupakan proses pengukuran dan evaluasi karakteristik aliran serta deformasi suatu bahan, baik dalam bentuk cair, semi padat, maupun dispersi.

Viskoelastisitas



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Viskoelastisitas merupakan sifat suatu bahan yang menunjukkan kombinasi antara perilaku viskos (seperti cairan) dan elastis (seperti padatan).

Aplikasi Reologi dalam Farmasi

Aspek Aplikasi Reologi	Penjelasan
Formulasi Sediaan Obat	Membantu mengendalikan sifat aliran dan deformasi sediaan selama pembuatan, penyimpanan, dan penggunaan
Pengembangan Produk	Menentukan konsistensi yang sesuai agar sediaan mudah diproduksi, stabil, dan nyaman digunakan
Sediaan Semi Padat	Digunakan dalam formulasi gel, krim, dan salep untuk memperoleh karakteristik aliran yang optimal
Daya Sebar Sediaan	Mengatur keseimbangan antara kekentalan dan kemampuan menyebar pada permukaan kulit
Stabilitas Produk	Membantu mempertahankan stabilitas fisik sediaan selama penyimpanan dan penggunaan

Aplikasi reologi dalam farmasi sangat penting karena berkaitan dengan pengendalian sifat aliran dan deformasi sediaan obat.

11.12 SISTEM DISPERSI

Definisi

Fase Terdispersi	Medium Pendispersi
Fase yang tersebar	Fase tempat penyebaran
Bersifat tidak kontinu	Bersifat kontinu
Disebut fase internal	Disebut fase eksternal
Contoh: partikel debu di udara	Contoh: air pada susu

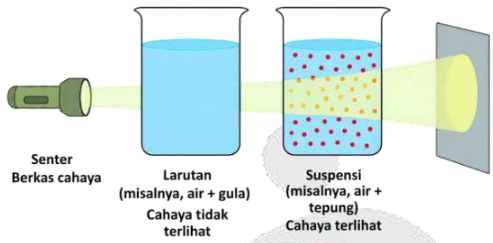
Sistem dispersi merupakan suatu sistem yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu fase terdispersi dan medium pendispersi.

Jenis Sistem Disperse Koloidal

Sistem dispersi koloidal merupakan sistem di mana partikel terdispersi memiliki ukuran antara 1–1000 nm dan tersebar dalam medium pendispersi.

Sistem Dispersi	Deskripsi Singkat
Sol	Padatan terdispersi dalam cairan.
Gel	Cairan terperangkap dalam jaringan semi padat.
Emulsi	Cairan terdispersi dalam cairan lain yang tidak saling bercampur.
Buih (FOAM)	Gas terdispersi dalam cairan.

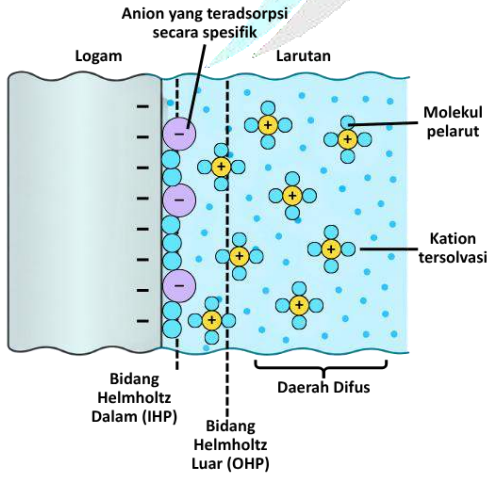
Sifat-sifat Optik Koloidal



Sumber: facebook, modifikasi

Sifat optik koloidal merupakan karakteristik sistem koloid yang berkaitan dengan interaksi antara partikel koloid dan cahaya. Karena ukuran partikel koloid berada di antara larutan sejati dan suspensi, partikel ini mampu memengaruhi jalannya cahaya yang melewatinya.

Sifat-sifat Elektrik Koloidal

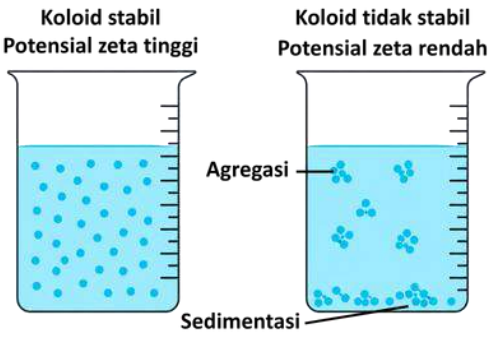


Sumber: Franklin/researchgate, modifikasi

Sifat-sifat elektrik koloidal merupakan karakteristik penting yang

dimiliki oleh partikel koloid akibat adanya muatan listrik pada permukaannya.

Potensial Listrik



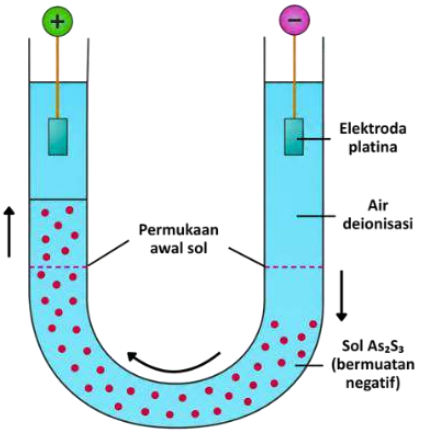
Sumber: Erik/acniti, modifikasi

Potensial listrik pada batas antara partikel dan medium sering dinyatakan sebagai potensial zeta. Nilai potensial zeta menunjukkan besar gaya tolak-menolak antar partikel koloid.

Elektroforesis dan Elektroosmosis

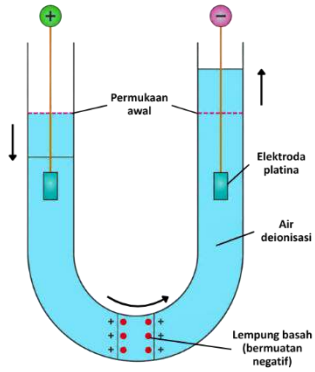
Fenomena lain yang berkaitan dengan sifat elektrik koloid adalah:

- **Elektroforesis** adalah pergerakan partikel koloid dalam medan listrik menuju elektroda dengan muatan berlawanan



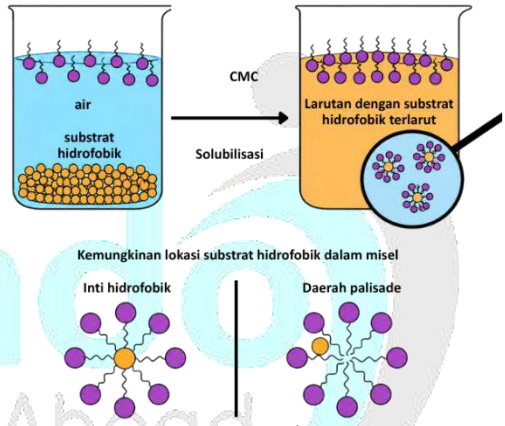
Sumber: readchemistry, modifikasi

- **Elektroosmosis** adalah pergerakan medium cair akibat adanya medan listrik



Sumber: readchemistry, modifikasi

Solubilisasi



Sumber: Gaynanova/sciencedirect, modifikasi

Solubilisasi merupakan proses peningkatan kelarutan suatu zat yang sukar larut dalam pelarut, terutama dalam air, dengan bantuan zat tambahan seperti surfaktan atau agen solubilisasi lainnya.

Peran Solubilisasi

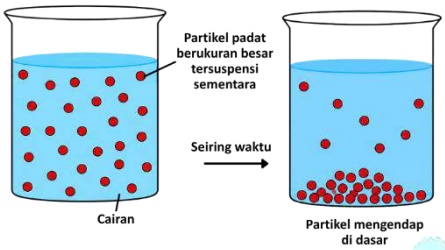
Aspek Solubilisasi	Penjelasan
Stabilitas Sediaan	Solubilisasi membantu mencegah pengendapan dan kristalisasi zat aktif dalam sediaan farmasi
Pembentukan Misel	Zat aktif sukar larut terperangkap dalam inti misel sehingga lebih mudah larut dalam medium berair
Homogenitas Sediaan	Membantu mempertahankan keseragaman sediaan selama penyimpanan dan penggunaan

Bioavailabilitas Obat	Meningkatkan ketersediaan biologis obat sehingga efek terapi lebih optimal
Peran dalam Formulasi	Digunakan untuk mengatasi masalah kelarutan dan meningkatkan efektivitas sediaan farmasi

Selain meningkatkan kelarutan, solubilisasi juga berperan dalam meningkatkan stabilitas sediaan farmasi.

11.13 SUSPENSI

Definisi



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Suspensi merupakan salah satu bentuk sediaan farmasi berupa sistem dispersi kasar, di mana partikel padat yang tidak larut terdispersi dalam suatu medium cair. Partikel dalam suspensi umumnya memiliki ukuran lebih dari 1 mikrometer sehingga dapat terlihat secara kasat mata atau dengan bantuan mikroskop.

Fadhli et al., (2025)

Sifat Antar Permukaan Partikel Tersuspensi



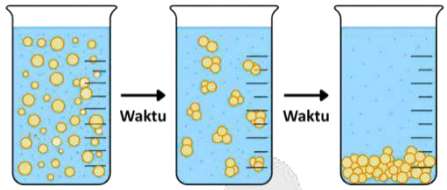
Sumber: Lia/exactoinc, modifikasi

Sifat antar permukaan partikel tersuspensi merupakan aspek penting dalam sistem suspensi yang berkaitan dengan interaksi antara partikel padat dan medium cair di sekitarnya.

Suspensi Terflokulasi & Deflokulasi

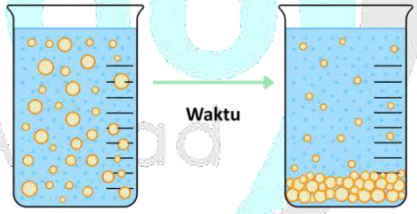
Sistem suspensi dapat dibedakan menjadi dua tipe utama berdasarkan interaksi antar partikel, yaitu:

- **Sistem terflokulasi** merupakan sistem di mana partikel-partikel dalam suspensi membentuk agregat longgar yang disebut flok



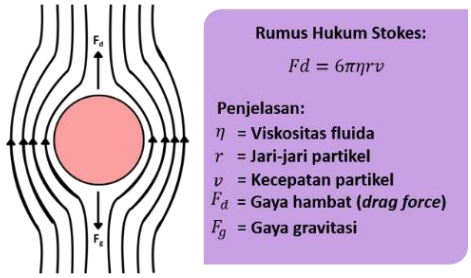
Sumber: quizlet, modifikasi

- **Sistem deflokulasi** adalah sistem di mana partikel-partikel berada dalam keadaan terpisah satu sama lain tanpa membentuk agregat



Sumber: quizlet, modifikasi

Pengendapan Suspensi



Sumber: sciencefacts, modifikasi

Pengendapan suspensi merupakan proses turunnya partikel padat yang terdispersi dalam medium cair akibat pengaruh gaya gravitasi. Dalam sistem suspensi farmasi, partikel padat yang tidak larut cenderung mengendap seiring waktu

karena perbedaan densitas antara partikel dan medium pendispersinya.

11.14 EMULSI

Konsep Dasar



Sumber: chemistrylearner, modifikasi

Emulsi merupakan salah satu bentuk sediaan farmasi yang terdiri dari dua cairan yang tidak saling bercampur, di mana salah satu cairan terdispersi dalam bentuk tetesan kecil di dalam cairan lainnya.

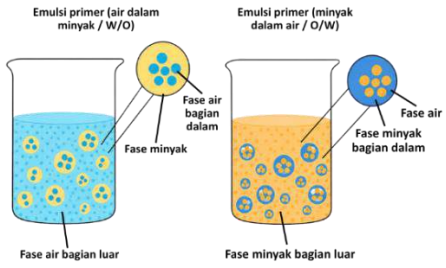
Hariyansyah, (2025)

Aplikasi Emulsi Dalam Farmasi

Emulsi memiliki banyak aplikasi dalam farmasi, baik untuk sediaan oral, topikal, maupun parenteral.

Aspeks	Penjelasan
Aplikasi Oral	Digunakan untuk meningkatkan rasa dan membantu pemberian obat cair
Aplikasi Topikal	Digunakan pada krim dan lotion untuk mempermudah aplikasi pada kulit
Aplikasi Parenteral	Digunakan sebagai sistem penghantaran obat tertentu melalui injeksi
Peran dalam Farmasi	Membantu meningkatkan stabilitas dan efektivitas sediaan obat

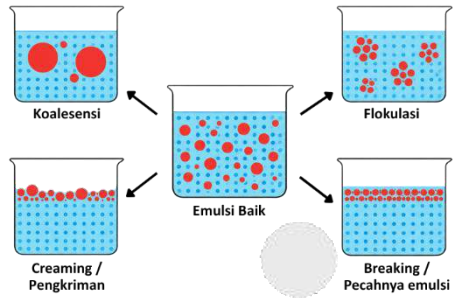
Sistem Disperse Emulsi



Sumber: sciencedirect, modifikasi

Sistem dispersi emulsi merupakan salah satu bentuk sistem dispersi yang terdiri dari dua fase cair yang tidak saling bercampur, di mana salah satu fase terdispersi dalam bentuk tetesan kecil di dalam fase lainnya sebagai medium pendispersi.

Kestabilan Emulsi

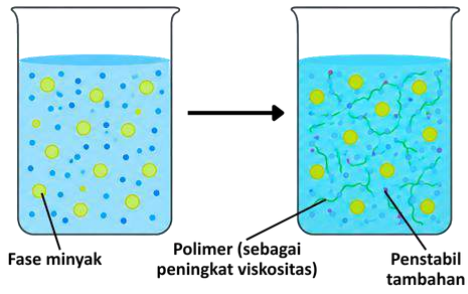


Sumber: uobabylon, modifikasi

Kestabilan sistem dispersi emulsi sangat dipengaruhi oleh ukuran tetesan fase terdispersi. Dalam sistem emulsi, terdapat beberapa fenomena ketidakstabilan seperti:

Fenomena	Deskripsi
Creaming	Perpindahan tetesan emulsi ke atas atau bawah karena perbedaan densitas.
Flokulasi	Pengelompokan tetesan emulsi tanpa penyatuan permanen.
Koalesensi	Penggabungan tetesan kecil menjadi tetesan lebih besar secara permanen.
Breaking	Pemisahan total fase emulsi yang tidak dapat diperbaiki kembali.

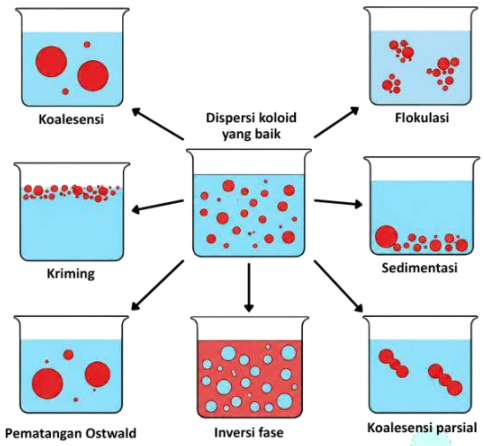
Modifikasi Sistem Dispersi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sistem dispersi emulsi juga dapat dimodifikasi untuk meningkatkan kinerjanya, misalnya dengan penggunaan polimer atau penstabil tambahan untuk meningkatkan viskositas fase kontinu.

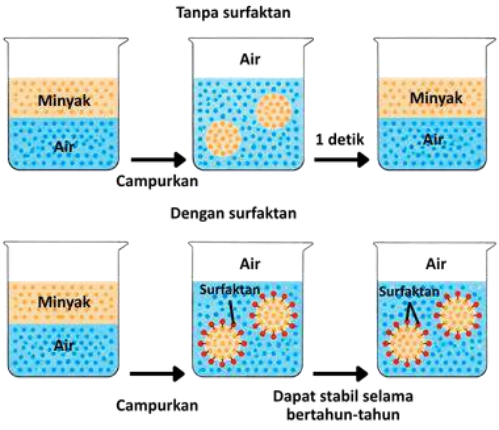
Teori Emulsifikasi



Sumber: Barbara/mdpi, modifikasi

Teori emulsifikasi merupakan dasar ilmiah yang menjelaskan bagaimana dua cairan yang tidak saling bercampur, seperti minyak dan air, dapat membentuk sistem emulsi yang stabil dengan bantuan emulgator.

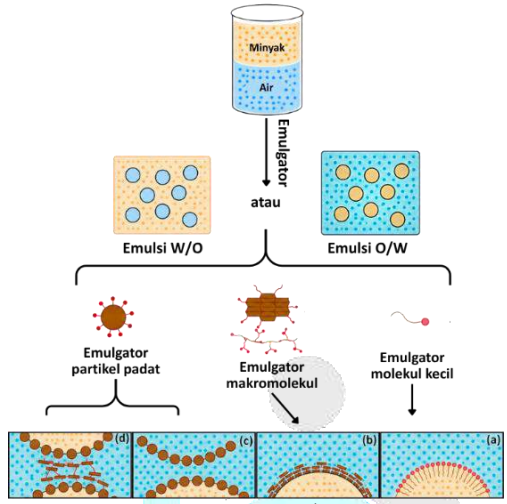
Teori Tegangan Antar-Muka



Sumber: Susanna/biolinscientific, modifikasi

Salah satu teori utama dalam emulsifikasi adalah teori tegangan antar-muka (*interfacial tension theory*). Teori ini menyatakan bahwa emulgator bekerja dengan menurunkan tegangan antar-muka antara dua fase cair.

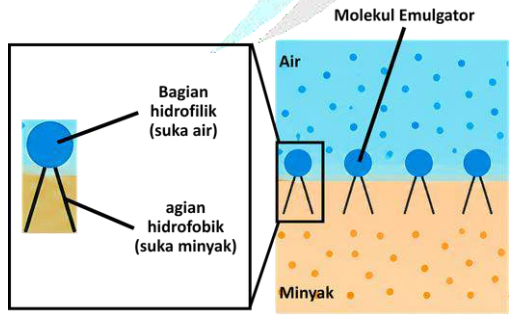
Teori Film Interfasial



Sumber: Ying Tian/researchgate, modifikasi

Teori lain yang penting adalah teori film interfasial (*interfacial film theory*). Menurut teori ini, emulgator membentuk lapisan tipis atau film di sekitar tetesan fase terdispersi. Film yang kuat dan fleksibel akan meningkatkan kestabilan emulsi secara signifikan.

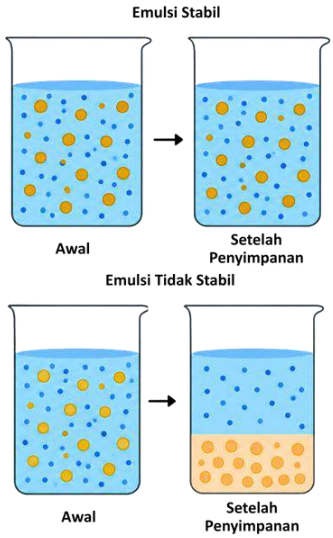
Teori Orientasi Molekul



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teori orientasi molekul (*oriented wedge theory*). Teori ini menyatakan bahwa molekul emulgator memiliki bagian hidrofilik dan hidrofobik yang akan terorientasi pada antarmuka minyak dan air.

Stabilitas Fisika Emulsi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Stabilitas fisik emulsi merupakan kemampuan suatu sistem emulsi untuk mempertahankan kondisi homogen tanpa mengalami pemisahan fase selama penyimpanan.

Anisa, (2025)

Evaluasi Stabilisitas Fisika Emulsi

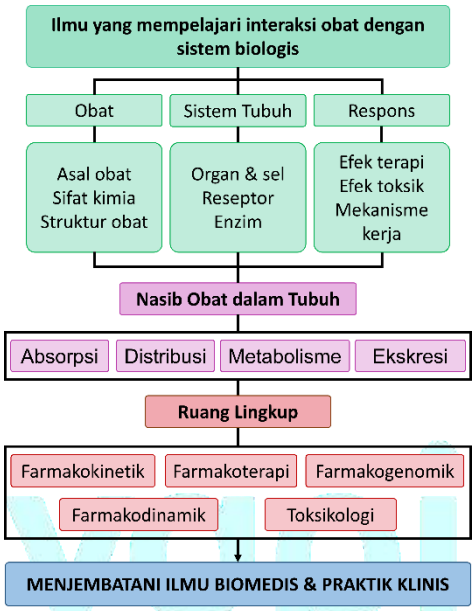
Metode	Prinsip
Pemisahan Fase	Mengamati terbentuknya lapisan fase terpisah selama penyimpanan
Distribusi Ukuran Globul	Mengukur perubahan ukuran globul sebagai indikator ketidakstabilan
Sentrifugasi	Mempercepat pemisahan fase dengan gaya sentrifugal
Iradiasi Gelombang Mikro	Menilai stabilitas berdasarkan distribusi dan gradien suhu emulsi

Evaluasi stabilitas fisika emulsi merupakan proses penting untuk menilai kemampuan suatu sistem emulsi dalam mempertahankan homogenitas dan karakteristik fisiknya selama penyimpanan.

FARMAKOLOGI

12.1 FARMAKOLOGI

Ruang Lingkup

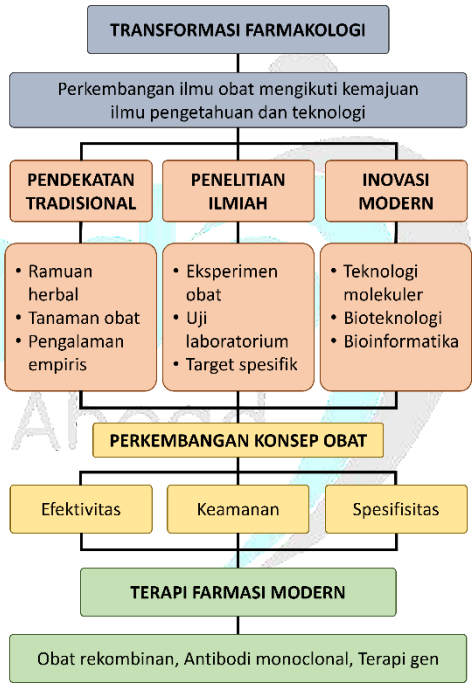


Sumber: Ilustrasi Penerbit Yapindo (2026)

Farmakologi **merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara obat dan sistem biologis**, meliputi asal obat, sifat kimia, mekanisme kerja, efek terapeutik, efek toksik, serta nasib obat di dalam tubuh. Farmakologi modern juga mencakup aspek molekuler, genetik, dan klinis untuk memahami respons individu terhadap terapi obat secara lebih spesifik dan efektif. Selain itu, farmakologi berperan penting dalam pengembangan obat baru, evaluasi keamanan penggunaan obat, serta peningkatan kualitas pelayanan kesehatan melalui terapi yang rasional dan berbasis ilmiah.

Cabang Ilmu Farmakologi	Keterangan
Farmakokinetik	Mempelajari perjalanan obat dalam tubuh.
Farmakodinamik	Mempelajari efek obat terhadap tubuh.
Farmakoterapi	Mempelajari penggunaan obat untuk terapi penyakit.
Toksikologi	Mempelajari efek merugikan obat dan zat kimia.
Farmakogenomik	Mempelajari pengaruh genetik terhadap respons obat.

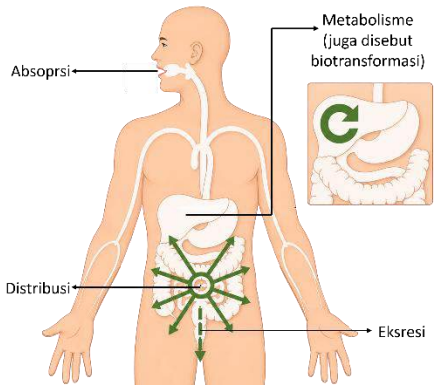
Perkembangan Farmakologi



Sumber: Penerbit Yapindo (2026)

Farmakologi awalnya berasal dari pengobatan tradisional berbasis tanaman, lalu berkembang menjadi ilmu eksperimental. Tokoh seperti Claude Bernard dan Paul Ehrlich memperkenalkan konsep kerja obat yang spesifik pada target tertentu. Kemajuan teknologi seperti bioteknologi dan bioinformatika kemudian melahirkan obat modern, termasuk antibodi monoklonal dan terapi gen.

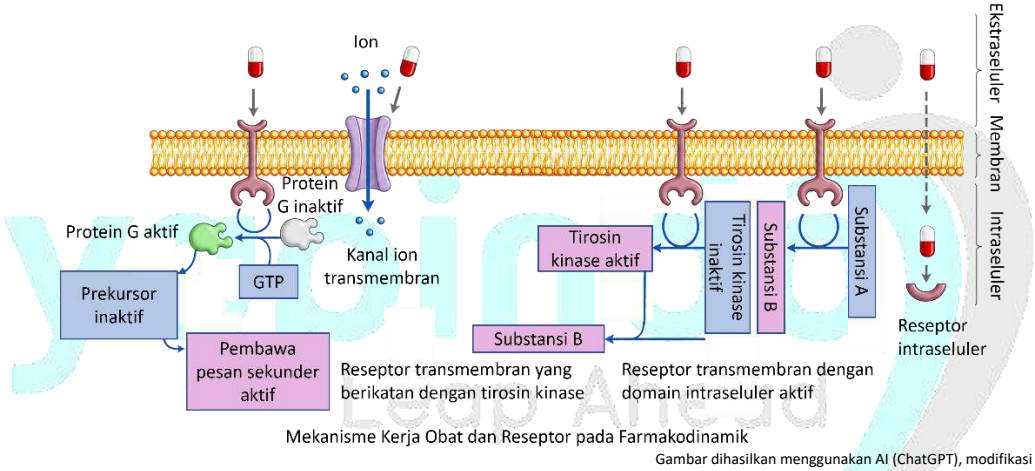
Farmakokinetik



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Farmakokinetik adalah cabang farmakologi yang mempelajari proses absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat (ADME). Ilmu ini menjelaskan bagaimana tubuh memengaruhi obat serta menentukan waktu dan konsentrasi obat di tempat kerja farmakologisnya. Oleh karena itu, farmakologi sering disebut sebagai ilmu multidisiplin yang menjembatani ilmu dasar biomedis dan praktik klinis, dan berperan penting dalam memahami perjalanan obat di dalam tubuh.

Farmakodinamik

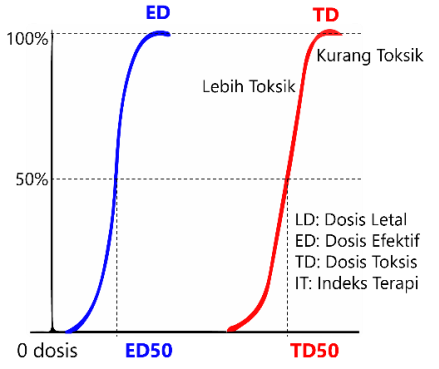


Mekanisme Kerja Obat dan Reseptor pada Farmakodinamik

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Farmakodinamik mempelajari mekanisme kerja obat dengan mengukur pengikatan obat dan hubungan antara konsentrasi obat dengan efek yang dihasilkan. Fokus utama farmakodinamik adalah reseptor obat, jalur transduksi sinyal, serta hubungan kurva respon-dosis.

Toksisitas Obat



Sumber: JJonnyjonster/Quizlet, dengan modifikasi

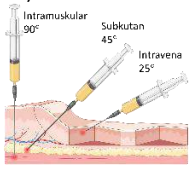
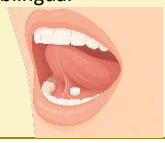
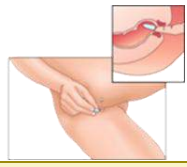
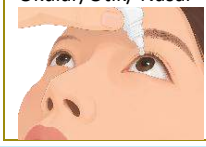
Hasil Uji Toksisitas	
LD50	Membunuh 50% hewan uji.
ED50	Berpengaruh terhadap 50% hewan uji.
TD50	Pengaruh toksis terhadap 50% hewan uji.
IT	Index therapi: LD50/ED50.

Toksisitas obat adalah efek merugikan yang muncul akibat penggunaan obat pada dosis tinggi, penggunaan jangka panjang, interaksi obat, atau faktor individu pasien.

12.2 PENGEMBANGAN OBAT

Cara Pemberian Obat

Obat dapat berasal dari bahan alam, sintesis kimia, bioteknologi. Cara pemberian obat penting untuk menentukan kecepatan onset, intensitas efek, serta durasi kerja obat.

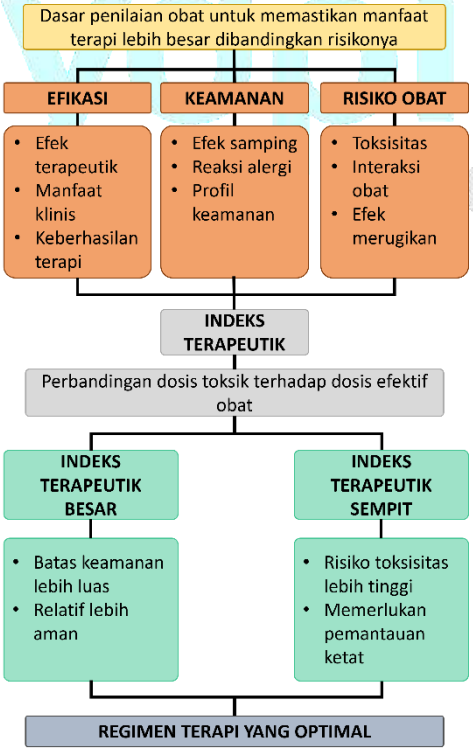
Rute Pemberian	Karakteristik Utama	Kelebihan	Kekurangan	Contoh Obat
Oral 	Obat diserap melalui saluran cerna	Praktis, aman, ekonomis, mudah digunakan pasien	Mengalami first-pass metabolism, absorpsi obat dipengaruhi makanan dan pH	Parasetamol, Amoksisilin
Parenteral (IV, IM, SC) 	Obat diberikan melalui injeksi langsung ke dalam tubuh. Meliputi intravena (IV), intramuskular (IM), dan subkutan (SC)	Efek cepat, bioavailabilitas tinggi, digunakan bila pasien tidak dapat menelan. IV bekerja paling cepat karena langsung ke sirkulasi darah	Memerlukan tenaga kesehatan terlatih, prosedur steril, risiko infeksi atau nyeri penyuntikan	Antibiotik IV, Kemoterapi
Topikal 	Obat bekerja secara lokal pada kulit/mukosa	Efek sistemik minimal, risiko toksisitas rendah	Penetrasi terbatas, tergantung kondisi kulit	Krim kortikosteroid, Salep antibiotik
Inhalasi 	Obat diserap melalui paru-paru	Onset cepat, dosis kecil, target langsung organ respirasi	Teknik penggunaan memengaruhi efektivitas	Salbutamol inhaler, Budesonide inhaler
Sublingual 	Obat diserap melalui mukosa bawah lidah	Menghindari first-pass metabolism, efek cepat	Hanya untuk obat tertentu, rasa obat dapat mengganggu	Nitroglycerin, ISDN
Rektal 	Obat diserap melalui mukosa rektum	Alternatif saat pasien muntah/tidak sadar	Absorpsi tidak konsisten, dapat menimbulkan ketidaknyamanan	Parasetamol Suppositoria, Diazepam rektal
Vaginal 	Obat diserap melalui mukosa vagina	Efek local kuat, cocok untuk infeksi genital	Dapat menimbulkan ketidaknyamanan dan iritasi lokasl	Antijamur vaginal
Okular/Otik/ Nasal 	Diberikan pada mata/telinga/mukosa hidung	Target lokal langsung, dapat diberikan untuk efek local maupun sistemik	Penggunaan yang tidak benar dapat pengaruhi efektivitas obat	Tetes mata / tetes telinga antibiotik, dekongestan nasal

Prinsip Terapeutika

Dalam praktik klinis, terapi tidak hanya mengatasi gejala, tetapi juga memperbaiki kondisi pasien secara menyeluruh.

1.	**Pemilihan obat yang tepat:** berdasarkan diagnosis, mekanisme penyakit, bukti ilmiah, serta kondisi pasien seperti usia, penyakit penyerta, dan interaksi obat.
2.	**Penentuan dosis yang sesuai:** dosis harus efektif tetapi tetap aman untuk mencegah toksisitas.
3.	**Lama terapi yang adekuat:** terapi terlalu singkat dapat menyebabkan kegagalan atau kekambuhan, sedangkan terapi terlalu lama meningkatkan risiko efek samping dan resistensi obat.
4.	**Pemantauan terapi:** dilakukan untuk menilai efektivitas dan efek samping melalui observasi klinis, pemeriksaan laboratorium, dan evaluasi gejala pasien.

Keamanan dan Efikasi Obat



Sumber: Penerbit Yapindo (2026)

Keamanan (*safety*) dan efikasi (*efficacy*) merupakan aspek utama dalam penggunaan dan pengembangan obat. **Efikasi** menunjukkan kemampuan obat menghasilkan efek terapeutik yang diinginkan, sedangkan **keamanan** berkaitan dengan risiko efek samping, toksisitas, alergi, dan interaksi obat.

(Katzung, 2021)

Efek terapi

Perubahan yang menguntungkan dalam kondisi medis yang disebabkan oleh obat.

Jenis Terapi	Tujuan	Contoh
Kausal	Menghilangkan penyebab penyakit: kuman, virus	Antibiotik, antimalaria
Simptomatis	Mengurangi gejala dan meningkatkan kenyamanan pasien	Analgesik
Substitusi	Menggantikan kekurangan zat dalam tubuh	Insulin

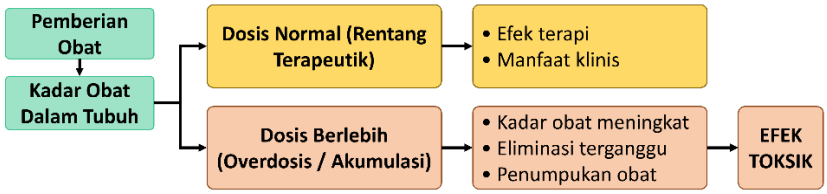
Efek samping



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Perubahan yang tidak diinginkan dalam keadaan medis yang disebabkan oleh obat. Menurut WHO, efek samping adalah segala sesuatu khasiat yang tidak diinginkan untuk tujuan terapi yang dimaksudkan pada dosis yang dianjurkan.

Efek Toksik (Toksisitas)



Sumber: Ilustrasi Penerbit Yapindo (2026)

Jika kadar obat melebihi batas terapeutik, dapat terjadi efek toksik akibat overdosis atau penumpukan obat yang membahayakan pasien dan menimbulkan efek samping serius.



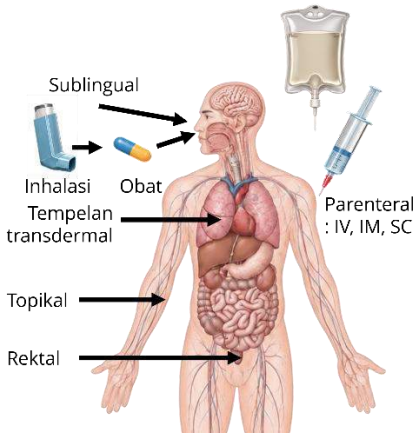
Sumber: Proses Pengembangan Obat (BPOM, 2025), dengan modifikasi

Pengembangan obat adalah proses ilmiah untuk menghasilkan obat yang aman, efektif, dan berkualitas sebelum digunakan masyarakat.

1. **Penemuan Molekul Kandidat**
   Identifikasi senyawa yang berpotensi memiliki aktivitas farmakologis dari sintesis kimia, bahan alam, atau bioteknologi.
2. **Uji Pra-Klinik**
   Pengujian pada kultur sel dan hewan untuk menilai farmakologi, farmakokinetik, dan toksisitas.
3. **Uji Klinik**
   Pengujian pada manusia dilakukan dalam beberapa fase, yaitu fase I untuk menilai keamanan, fase II untuk mengevaluasi efektivitas dan dosis, serta fase III untuk mengonfirmasi efektivitas dan memantau efek samping pada populasi lebih besar.
4. **Registrasi dan Persetujuan**
   Obat diajukan ke otoritas regulatori untuk memperoleh izin edar.
5. **Pasca Pemasaran (Fase IV)**
   Pemantauan keamanan jangka panjang setelah obat dipasarkan.

12.3 MEKANISME FARMAKOKINETIKA OBAT

ADME: Absorpsi

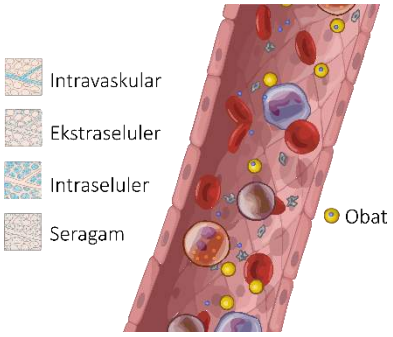


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Absorpsi adalah proses masuknya obat ke sirkulasi sistemik untuk menghasilkan efek terapeutik.

1. **Absorpsi pada Rute Oral:** umumnya terjadi di usus halus.
2. **Absorpsi pada Berbagai Rute Pemberian:** dapat melalui sublingual, rektal, inhalasi, dan parenteral.
3. **Bioavailabilitas Obat:** menunjukkan jumlah obat aktif yang mencapai sirkulasi sistemik.

ADME: Distribusi

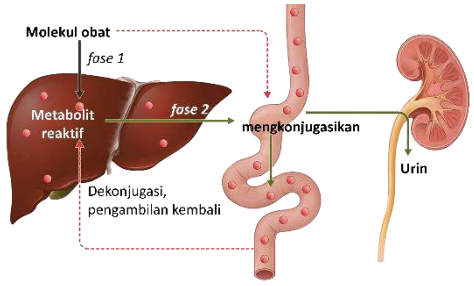


Sumber: A.D.A.M, dengan modifikasi

Distribusi merupakan proses penyebaran obat dari sirkulasi sistemik ke berbagai jaringan dan organ tubuh.

1. **Ikatan dengan Protein Plasma:** menentukan hanya obat bebas yang dapat masuk ke jaringan.
2. **Pengaruh Barier Fisiologis:** dipengaruhi oleh *blood-brain barrier*.
3. **Volume Distribusi:** menunjukkan luas penyebaran obat ke jaringan tubuh.

ADME: Metabolisme

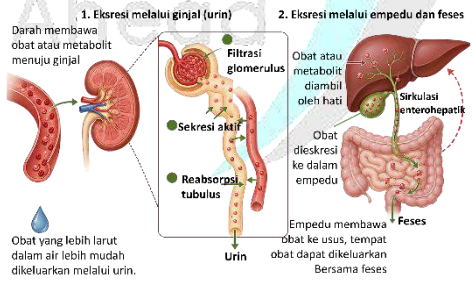


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metabolisme obat adalah proses perubahan obat menjadi metabolit yang lebih mudah dieliminasi.

1. **Reaksi Fase I:** oksidasi, reduksi, atau hidrolisis yang dapat menghasilkan metabolit aktif.
2. **Reaksi Fase II:** konjugasi agar obat lebih larut dalam air.

ADME: Eksresi

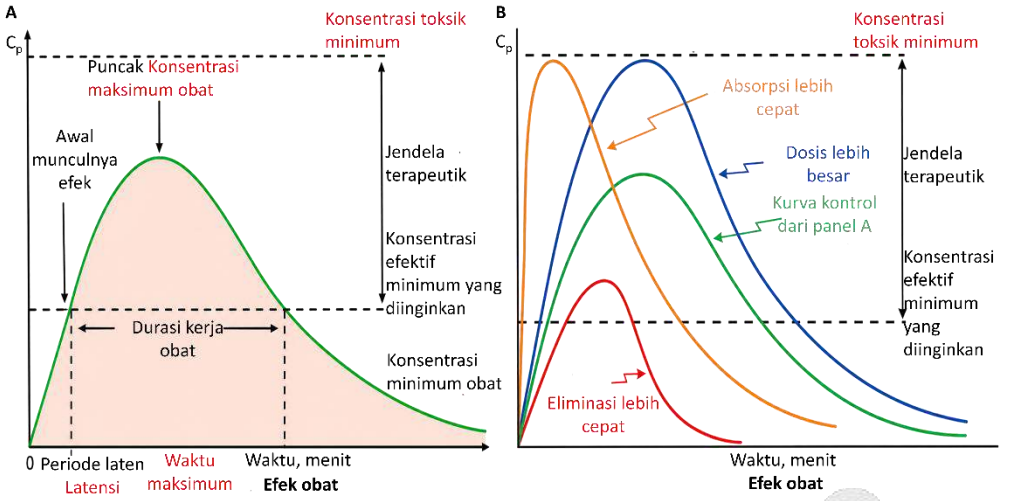


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Ekskresi adalah proses pengeluaran obat atau metabolit dari tubuh, terutama melalui ginjal.

1. **Ekskresi Melalui Ginjal**: terjadi melalui proses filtrasi glomerulus, sekresi aktif, dan reabsorpsi di tubulus ginjal. Obat yang lebih larut dalam air akan lebih mudah dikeluarkan melalui urin.
2. **Ekskresi Melalui Empedu dan Feses** dapat memperpanjang durasi kerja obat melalui sirkulasi enterohepatik.

Kurva Waktu Konsentrasi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pada bagian A, kurva menunjukkan hubungan kadar obat dan efek obat dalam tubuh.

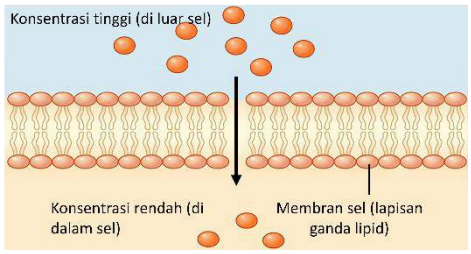
1. **Perubahan Konsentrasi:** kadar obat naik lalu menurun.
2. **Awal Efek Obat:** efek muncul saat capai konsentrasi efektif minimum.
3. **Jendela Terapeutik:** rentang kadar obat yang aman dan efektif.
4. **Puncak Efek:** terjadi saat konsentrasi tertinggi.
5. **Durasi Kerja Obat:** lamanya efek obat bekerja.

Kurva B menunjukkan bahwa absorpsi, dosis, dan eliminasi memengaruhi durasi kerja obat.

12.4 ABSORPSI, DISTRIBUSI, METABOLISME & EKSKRESI OBAT

Proses Absorpsi Obat

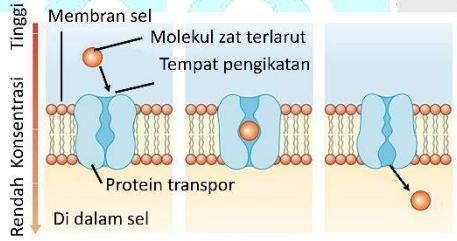
1. Difusi pasif



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Perpindahan obat mengikuti gradien konsentrasi tanpa memerlukan energi, terutama lipofilik dan tidak terionisasi.

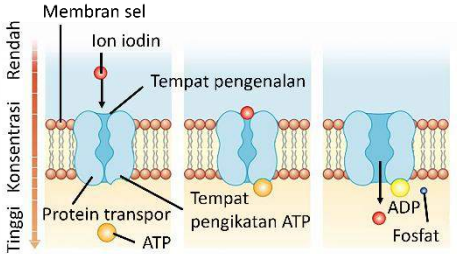
2. Difusi terfasilitasi



Sumber: Medical Graphics, dengan modifikasi

Perpindahan obat dengan bantuan protein transporter.

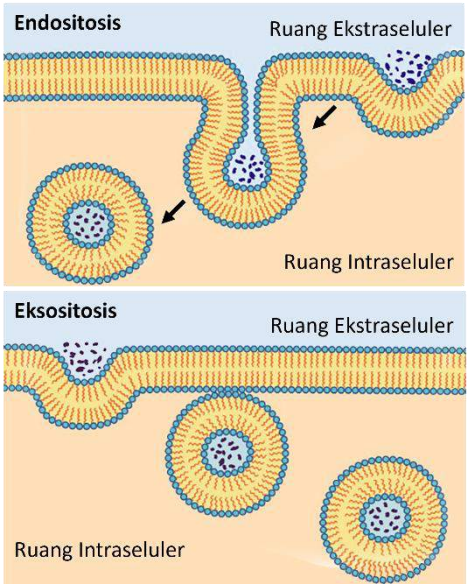
3. Transport aktif



Sumber: Medical Graphics, dengan modifikasi

Perpindahan obat melawan gradien konsentrasi dengan menggunakan energi dan protein transporter spesifik.

4. Transport vesicular



Sumber: Sumber: Medical Graphics, dengan modifikasi

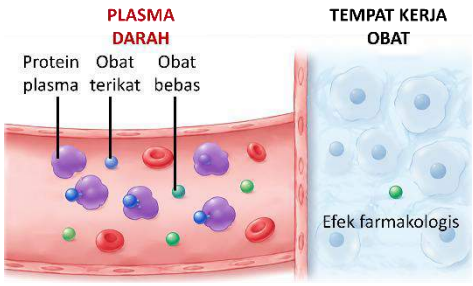
Perpindahan zat menggunakan vesikel atau kantung membran untuk membawa molekul besar masuk atau keluar sel. Mekanisme ini memerlukan energi (ATP).

Jenis transport vesikular:

1. **Endositosis**: pemasukan zat ke dalam sel melalui pembentukan vesikel.
2. **Eksositosis**: pengeluaran zat dari dalam sel melalui peleburan vesikel dengan membran sel.

Faktor Distribusi Obat

1. Ikatan Protein Plasma

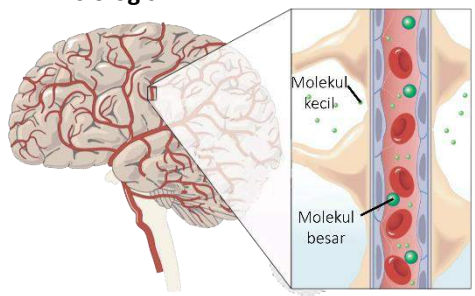


Hanya obat bebas yang dapat berdifusi ke jaringan dan menghasilkan efek farmakologis

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Hanya fraksi obat bebas (*free drug*) yang dapat berdifusi ke jaringan dan memberikan efek farmakologis, sehingga perubahan kadar protein plasma dapat memengaruhi distribusi obat dan jumlah obat yang tersedia untuk bekerja pada jaringan target.

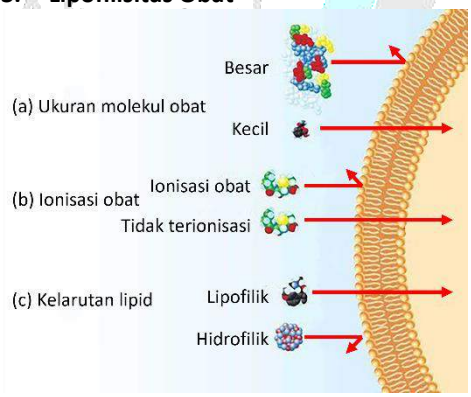
2. Permeabilitas Kapiler dan Barier Fisiologis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Blood-brain barrier dan *placental barrier* dapat membatasi distribusi obat ke jaringan tertentu sehingga tidak semua obat dapat mencapai organ atau jaringan tersebut dengan mudah.

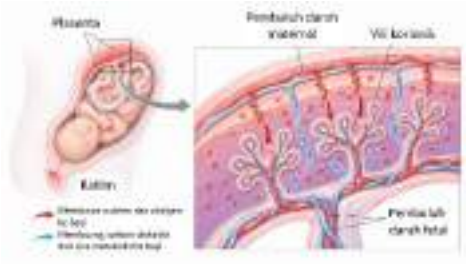
3. Lipofilisitas Obat



Sumber: The Alevel Biologist, dengan modifikasi

Obat lipofilik lebih mudah menembus membran dan terakumulasi pada jaringan lemak, sedangkan obat hidrofilik cenderung berada dalam cairan ekstraseluler sehingga penyebaran obat dalam tubuh dipengaruhi oleh sifat kelarutannya.

4. Sawar Uri

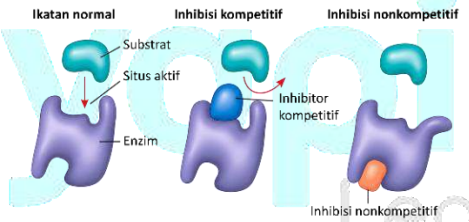


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Terdiri dari satu lapis epitel vili dan sel endotel kapiler dari fetus, mirip sawar lapisan cerna. Obat yang dapat diabsorpsi melalui pemberian oral juga dapat memasuki fetus melalui sawar uri. **Terdapat P-gp** pada sawar uri, seperti pada sawar darah otak.

Reaksi Metabolisme

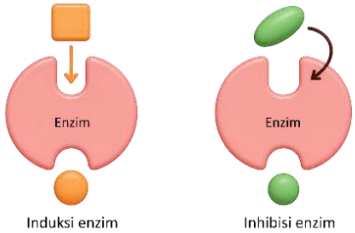
1. Enzim Sitokrom P450 (CYP450)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Aktivitas enzim ini dapat dipengaruhi faktor genetik, kondisi fisiologis, dan penggunaan obat lain.

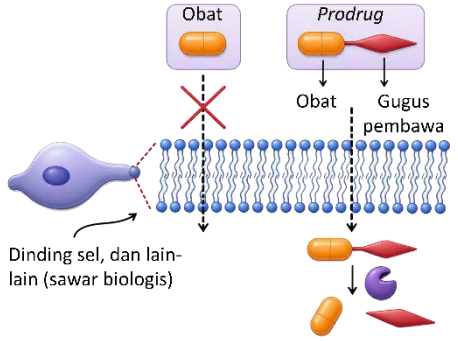
2. Induksi dan Inhibisi Enzim



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Induksi enzim dapat mempercepat metabolisme obat dan menurunkan konsentrasi obat dalam plasma, sedangkan inhibisi enzim dapat meningkatkan kadar obat dan risiko toksisitas.

3. Prodrug

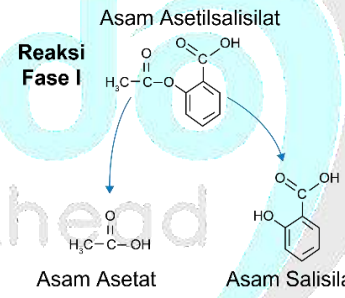


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Prodrug adalah obat tidak aktif yang harus dimetabolisme terlebih dahulu untuk menghasilkan efek terapeutik.

Reaksi metabolisme terdiri dari fase I dan reaksi fase II:

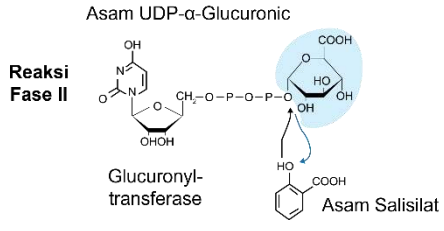
1. **Reaksi fase I**



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

terdiri dari oksidasi, reduksi, dan hidrolisis yang mengubah obat menjadi lebih polar dengan akibat menjadi inaktif, lebih aktif, atau kurang aktif.

2. **Reaksi fase II**

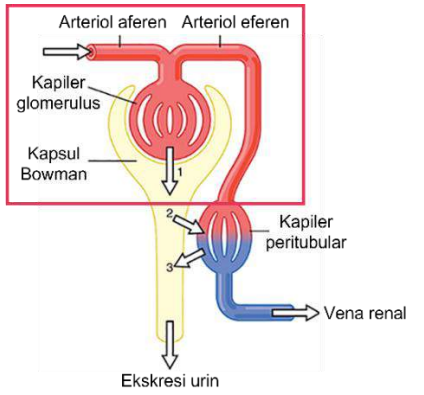


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Merupakan konjugasi dengan substrat endogen, yaitu asam glukoronat, asam

sulfat, asam asetat, atau asam amino dengan akibat obat menjadi sangat polar, dengan demikian hampir selalu tidak aktif.

Proses Ekskresi Obat

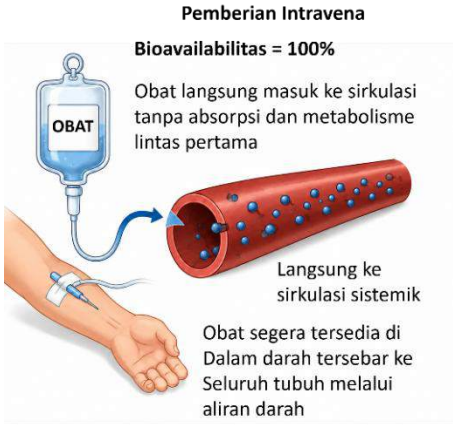


Sumber: ScienceDirect, dengan modifikasi

Ekskresi obat adalah proses eliminasi akhir yang menentukan lamanya obat bertahan dalam tubuh. Ginjal merupakan organ utama ekskresi, tetapi obat juga dapat dieliminasi melalui empedu, feses, paru-paru, keringat, saliva, air mata, dan ASI. Ekskresi ginjal dipengaruhi oleh pH urin karena obat dalam bentuk ionisasi lebih mudah dikeluarkan melalui urin.

12.5 PARAMETER FARMAKOKINETIK

Bioavailabilitas



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Bioavailabilitas adalah parameter farmakokinetik yang menunjukkan derajat dan kecepatan obat mencapai sirkulasi sistemik dalam bentuk tidak berubah sehingga dapat memberikan efek terapeutik. Bioavailabilitas dinyatakan dalam persen (%). Pada pemberian intravena, bioavailabilitas bernilai 100% karena obat langsung masuk ke sirkulasi tanpa absorpsi dan metabolisme lintas pertama. Sebaliknya, pemberian oral umumnya memiliki bioavailabilitas lebih rendah akibat absorpsi di saluran cerna dan metabolisme di hati. Tubuh manusia benar-benar punya birokrasi sendiri sebelum mengizinkan obat bekerja.

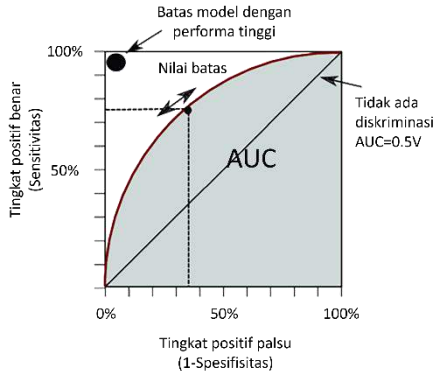
Bioavailabilitas dihitung menggunakan *Area Under the Curve* (AUC)

$$F = \frac{AUC\ oral}{AUC\ IV} \times 100\%$$

Faktor yang Memengaruhi Bioavailabilitas	
1.	Sifat fisikokimia obat.
2.	Formulasi dan bentuk sediaan obat.
3.	Kecepatan disolusi.
4.	Metabolisme lintas pertama.
5.	Kondisi saluran cerna.
6.	Interaksi dengan makanan atau obat lain.

Jenis Parameter Farmakokinetika

1. **AUC (*Area Under the Curve*)**

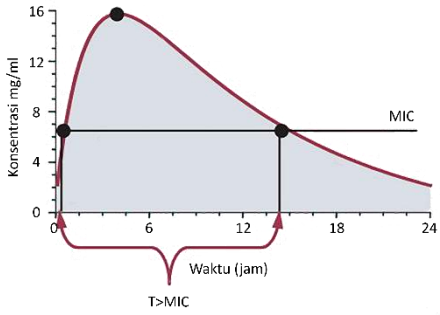


Sumber: Hariton-Nicolae Costin, dkk/MDPI, dengan modifikasi

Menggambarkan total paparan obat dalam sirkulasi sistemik. Semakin

besar AUC, semakin banyak obat tersedia dalam tubuh.

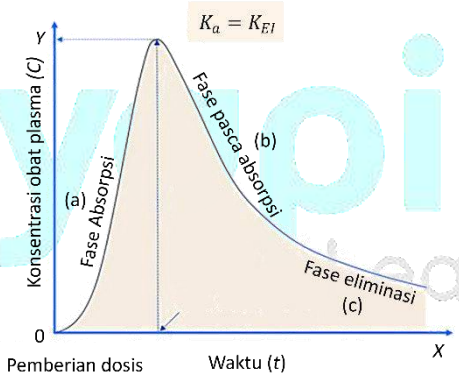
2. **Cmax**



Sumber: kecia_marie_missos/Quizlet, dengan modifikasi

Konsentrasi tertinggi obat dalam plasma setelah pemberian obat.

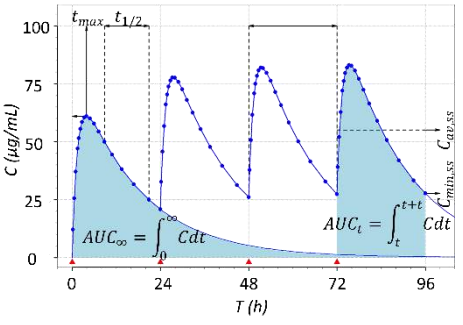
3. **Tmax**



Sumber: Kuldeep Rajpoot, dkk/ScienceDirect, dengan modifikasi

Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai Cmax dan menunjukkan kecepatan absorpsi obat.

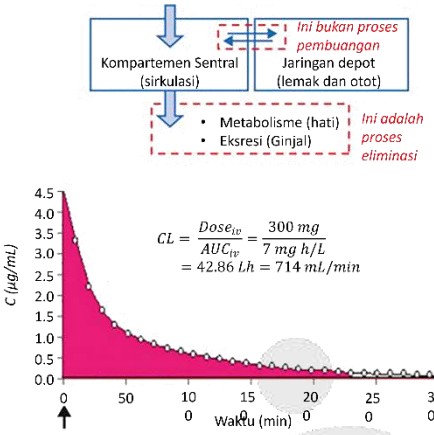
4. **Waktu Paruh (t½)**



Sumber: Wikipedia, dengan modifikasi

Waktu yang diperlukan agar konsentrasi obat turun menjadi setengahnya. Digunakan untuk menentukan interval dosis.

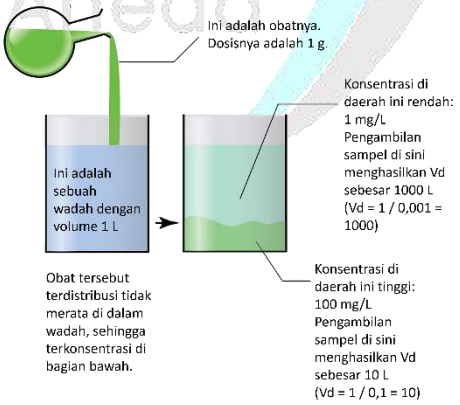
5. **Klirens (Cl)**



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Kemampuan tubuh mengeliminasi obat melalui organ seperti ginjal, hati, dan paru-paru sehingga memengaruhi kecepatan penurunan kadar obat dalam tubuh.

6. **Volume Distribusi (Vd)**

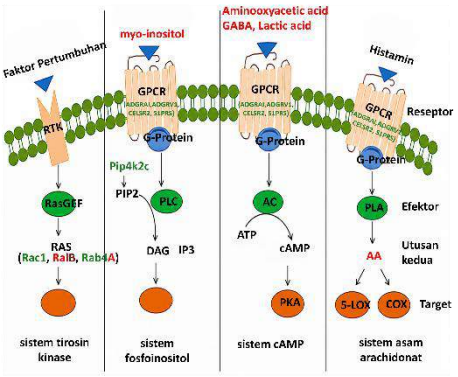


Sumber: Alex Yartsev/Deranged Physiology, dengan modifikasi

Menunjukkan distribusi obat dalam jaringan dibandingkan plasma sehingga menggambarkan sejauh mana obat menyebar di dalam tubuh. Vd besar berarti obat lebih banyak masuk ke jaringan.

12.6 FARMAKODINAMIK 1

Mekanisme Kerja Obat



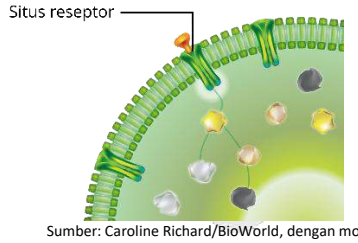
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Farmakodinamik adalah cabang farmakologi yang mempelajari efek obat terhadap tubuh dan mekanisme kerjanya.

Mekanisme kerja obat merujuk pada **cara suatu obat menghasilkan efek farmakologis setelah berinteraksi dengan target biologis di dalam tubuh**.

Mekanisme Kerja Obat	
1.	**Interaksi dengan reseptor**, yang dapat mengaktifkan atau menghambat jalur sinyal seluler.
2.	**Penghambatan atau aktivasi enzim**, terutama enzim yang berperan dalam proses penyakit.
3.	**Modulasi kanal ion**, yang memengaruhi aliran ion dan aktivitas listrik sel saraf maupun otot.
4.	**Gangguan transport molekul**, misalnya dengan menghambat transporter tertentu.
5.	**Interaksi non-spesifik**, seperti antasida yang menetralkan asam lambung melalui perubahan sifat kimia lingkungan biologis.

Reseptor



Sumber: Caroline Richard/BioWorld, dengan modifikasi

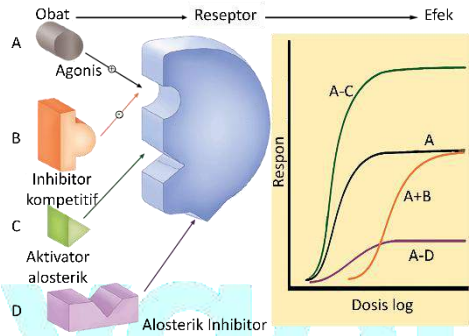
Reseptor merupakan protein spesifik yang menjadi tempat pengikatan obat untuk menghasilkan respons biologis tertentu. Reseptor dapat berada pada membran sel, sitoplasma, atau inti sel. Interaksi obat dengan reseptor umumnya bersifat spesifik dan reversibel sehingga respons biologis dapat diatur secara dinamis.

Famili Struktural	Famili Fungsional	Ligan Fisiologis	Efektor dan Transduser	Contoh Obat
GPCR	Reseptor β adrenergik	Norepinefrin, Epinefrin, Dopamin	Gs; adenilat siklase	Dobutamin, propranolol
	Reseptor kolinergik muskarinik	Asetilkolin	Gi dan Gq; adenilat siklase, kanal ion, PLC	Atropin
	Reseptor eikosanoid	Prostaglandin, leukotrien, tromboksan	Protein Gs, Gi, dan Gq	Misoprostol, montelukast
	Reseptor trombin (PAR)	Peptida reseptor	G12/13, GEFs	Dalam pengembangan
Kanal ion	Kanal tergantung ligan	ACh, GABA, 5-HT	Na+, Ca2+, K+, Cl−	Nikotin, gabapentin
	Kanal tergantung tegangan	Diaktifkan depolarisasi membran	Na+, Ca2+, K+, ion lain	Lidokain, verapamil
Enzim transmembran	Reseptor tirosin kinase	Insulin, PDGF, EGF, VEGF	Domain SH2 dan protein PTB	Herceptin, imatinib
	Guanilat siklase membran	Peptida natriuretik	cGMP	Nesiritide
	Tirosin fosfatase	Pleiotrofin, kontaktin	Protein tirosin terfosforilasi	—

Transmembran nonenzim	Reseptor sitokin	Interleukin dan sitokin lain	Jak/STAT, tirosin kinase terlarut	Interferon, anakinra
Transmembran nonenzim	Reseptor Toll-like	Lipopolisakarida, produk bakteri	MyD88, IRAKs, NF-κB	Dalam pengembangan
Reseptor nuklir	Reseptor steroid	Estrogen, testosteron	Koaktivator	Estrogen, androgen, kortisol
	Reseptor hormon tiroid	Hormon tiroid	—	Hormon tiroid
Reseptor nuklir	PPARγ	PPARγ	—	Tiazolidindion
Enzim intraseluler	Guanilat siklase terlarut	NO, Ca2+	cGMP	Nitrovasodilator

12.7 FARMAKODINAMIK 2

Tidak Diperantarai Reseptor

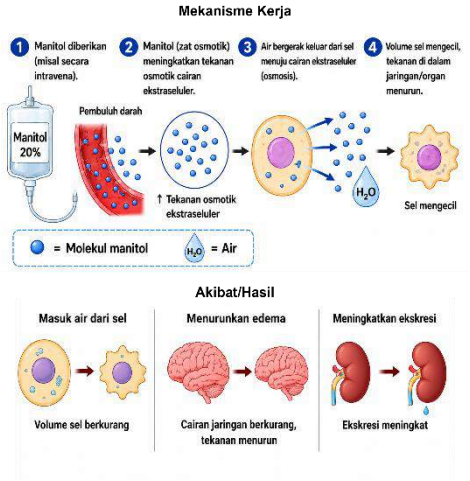


Sumber: AshlynHogan17/Quizlet, dengan modifikasi

Farmakodinamik mempelajari hubungan antara obat dan respons biologis yang terjadi dalam tubuh.

Efek Nonspesifik dan Gangguan Pada Membran

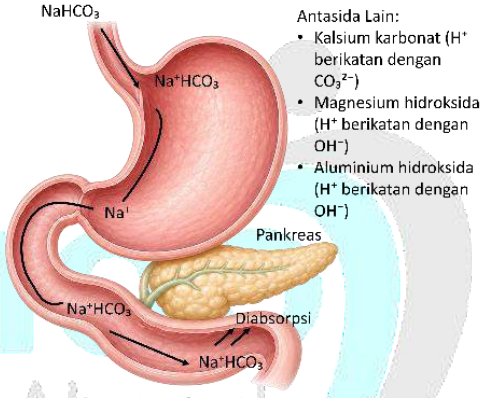
1. Aksi osmotik



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Meningkatkan tekanan osmotik sehingga menarik air. **Contoh**: Manitol.

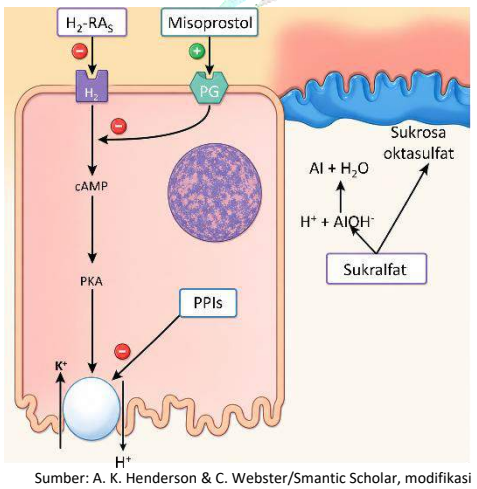
2. Reaksi kimia langsung



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Bereaksi langsung dengan zat dalam tubuh. **Contoh**: Antasida.

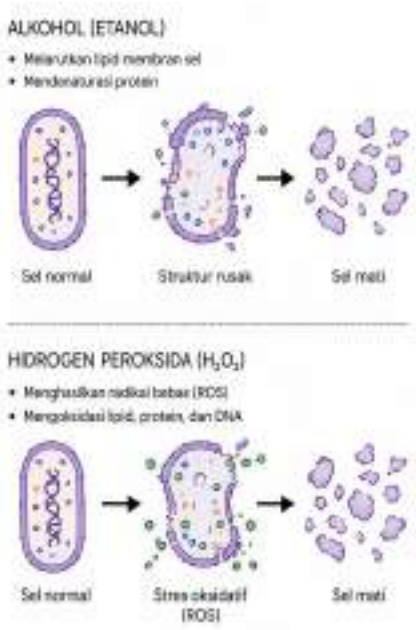
3. Mekanisme fisik



Sumber: A. K. Henderson & C. Webster/Smantic Scholar, modifikasi

Membentuk lapisan pelindung pada jaringan. **Contoh**: Sukralfat.

4. Kerusakan Nonspesifik



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Obat merusak struktur sel atau mikroorganisme secara langsung tanpa berikatan dengan target yang spesifik. Kerusakan ini dapat terjadi pada membran sel, protein, atau komponen penting lainnya sehingga fungsi sel terganggu. **Contoh:** alkohol dan hidrogen peroksida.

5. Gangguan fungsi membrane



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Obat mengubah permeabilitas atau fungsi membran sel. **Contoh**: anestetik umum.

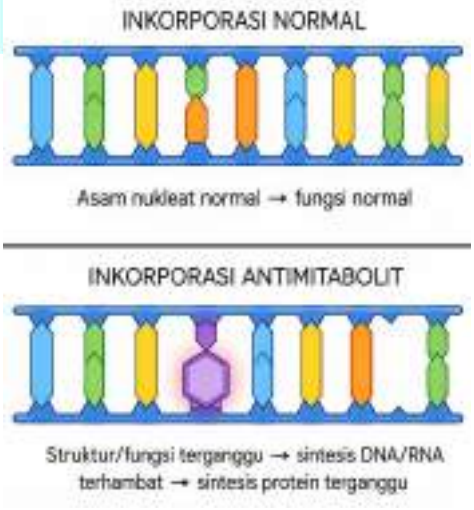
Interaksi dengan molekul kecil atau ion



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Kelator (*chelating agents*) seperti $CaNa_2EDTA$, penisilamin, dan dimerkaprol digunakan untuk mengikat logam berat bebas menjadi kompleks larut air yang inaktif sehingga dapat dikeluarkan melalui urin. $CaNa_2EDTA$ digunakan pada keracunan Pb^{2+}, penisilamin untuk kelebihan Cu^{2+} pada penyakit Wilson, dan dimerkaprol untuk logam berat seperti As, Sb, Hg, Au, dan Bi.

Inkorporasi dalam makromolekul



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

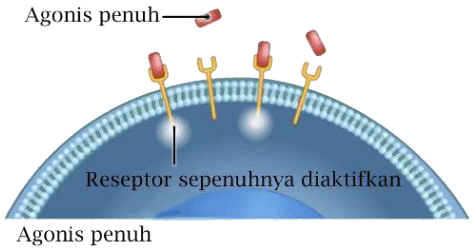
Obat yang merupakan analog purin atau pirimidin dapat berinkorporasi dalam asam nukleat sehingga mengganggu fungsinya. Obat yang bekerja seperti ini disebut antimetabolit, misalnya 6-merkaptopurin, 5-fluorourasil, etionin, p-fluorofenilalanin.

Kerja Obat dengan Reseptor

Reseptor merupakan molekul protein spesifik yang umumnya berada pada membran sel, sitoplasma, atau inti sel, dan berfungsi sebagai tempat pengikatan ligan endogen maupun obat.

Berdasarkan efeknya, obat dibedakan menjadi:

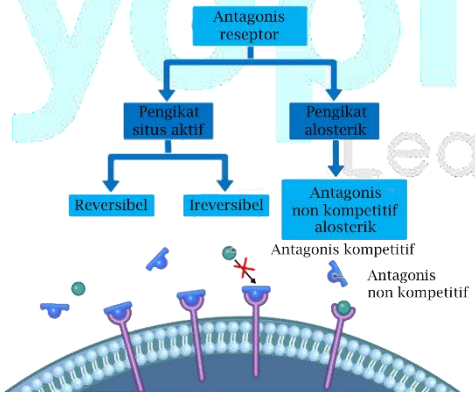
1. **Agonis**



Sumber: A.D.A.M, dengan modifikasi

Mengaktifkan reseptor dan menghasilkan respons biologis.

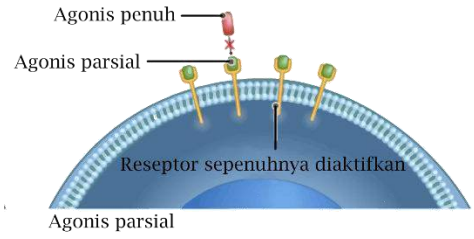
2. **Antagonis**



Sumber: A.D.A.M, dengan modifikasi

Berikatan dengan reseptor tetapi menghambat aktivasi.

3. **Agonis parsial**



Sumber: A.D.A.M, dengan modifikasi

Mengaktifkan reseptor dengan respons lebih lemah dibanding agonis penuh.

Interaksi obat–reseptor dipengaruhi oleh	
1.	**Afinitas**, kemampuan obat berikatan dengan reseptor.
2.	**Efikasi**, kemampuan obat menghasilkan respons biologis.

(Alila Medical Media, 2020)

yapindo Leap Ahead

KIMIA ANALISIS

13.1 APLIKASI KIMIA ANALISIS DI BIDANG FARMASI

Aplikasi Analisis Kimia

Jenis analisis kimia	
Kualitatif	Digunakan untuk mengidentifikasi jenis atau keberadaan suatu zat dalam sampel.
Kuantitatif	Digunakan untuk menentukan jumlah atau konsentrasi suatu zat dalam sampel.

Gandjar dan rogman (2018)

Aplikasi utama analisi kimia di bidang farmasi	
Analisis Bahan Baku Obat	Analisis dilakukan untuk memastikan bahan baku memenuhi spesifikasi farmakope, seperti identitas senyawa, kemurnian, serta kadar zat aktif.
Pengujian Produk Jadi	Produk obat yang telah diproduksi diuji untuk memastikan kadar zat aktif sesuai dengan yang tercantum pada label.
Analisis Stabilitas Obat	Analisis dilakukan untuk menentukan stabilitas obat selama penyimpanan sehingga dapat ditentukan tanggal kedaluwarsa.
Deteksi Kontaminan /Impuritas	Impuritas dapat berasal dari proses sintesis, degradasi obat, atau kontaminasi lingkungan.
Analisis Obat dalam Sampel Biologis	Digunakan dalam bidang farmakokinetika dan toksikologi untuk menentukan kadar obat dalam darah, urine, atau jaringan tubuh.

Bidang	Tujuan Analisis	Contoh Metode
Industri Farmasi	Uji bahan baku dan produk jadi	HPLC, GC
Farmasi Klinik	Monitoring kadar obat dalam darah	LC-MS
Kosmetik	Deteksi bahan berbahaya	UV-Vis, TLC
Farmako-kinetika	Penentuan kadar obat dalam plasma	GC-MS
Pengawasan Obat	Identifikasi obat ilegal	Spektrometri

Watson (2016)

Sifat-sifat Zat

Bobot Jenis *(Specific Gravity*

$$Bobot\ Jenis = \frac{\rho_{zat}}{\rho_{air}}$$

Ket:

- ρ_{zat} = masa jenis zat ($kg/m^3\ atau\ g/cm^3$)
- ρ_{air} = masa jenis air dengan volume yang sama ($1\ g/cm^3\ atau\ 1000\ kg/m^3$)

Bobot jenis digunakan dalam farmasi:

- Identifikasi cairan obat.
- Penentuan konsentrasi larutan.
- Kontrol kualitas bahan baku cair.

Indeks Bias *(Refractive Index)*

$$Indeks\ Biar\ (n) = \frac{c}{v}$$

Ket:

- n = indeks biar medium
- c = kecepatan cahaya di vakum/udara (3,8 x 10^8 m/s)
- v = kecepatan cahaya di dalam medium

Suhu Lebur *(Melting Point)*

Suhu lebur adalah suhu pada saat suatu zat padat berubah menjadi cair pada tekanan tertentu. Zat murni memiliki rentang suhu lebur yang sempit, sedangkan zat yang mengandung pengotor biasanya memiliki rentang suhu lebur yang lebih lebar.

Suhu lebur dalam analisi farmasi	
1.	Mengidentifikasi senyawa organik
2.	Menilai kemurnian bahan obat
3.	Menentukan karakteristik bahan kristal.

13.2 REAKSI IDENTIFIKASI ION

Analisis Kation

Bertujuan mengidentifikasi ion bermuatan positif dalam sampel.

Kel	Pereaksi Pengendap	Contoh Kation	Ciri Reaksi
I	HCl	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	Endapan klorida
II	H_2S (dalam suasana asam)	Cu^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}	Endapan sulfida
III	NH_4OH / NH_4Cl	Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}	Endapan hidroksida
IV	H_2S (suasana basa)	Zn^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}	Endapan sulfida
V	$(NH_4)_2CO_3$	Ca^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}	Endapan karbonat

Contoh 1: Identifikasi ion besi (Fe^{3+})

$Fe^{3+} + SCN^- \rightarrow [Fe(SCN)]^{2+}$

Reaksi ini menghasilkan kompleks berwarna merah darah yang khas.

Contoh 2: Identifikasi ion perak (Ag^+)

$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl_{(s)}$

Endapan putih AgCl akan larut dalam larutan amonia membentuk kompleks.

Analisis Anion (identifikasi)

Bertujuan mengidentifikasi ion bermuatan negatif dalam sampel.

Anion	Pereaksi	Hasil Reaksi
Cl^-	$AgNO_3$	AgCl
SO_4^{2-}	$BaCl_2$	$BaSO_4$
CO_3^{2-}	HCl	CO_2
NO_3^-	$FeSO_4 + H_2SO_4$	Kompleks coklat
PO_4^{3-}	Amonium molibdat	Endapan kuning

Contoh 1 : Identifikasi ion sulfat

$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_{4(s)}$

Endapan putih $BaSO_4$ tidak larut dalam asam kuat.

Contoh 2: Identifikasi ion karbonat

$CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow CO_{2(g)} + H_2O$

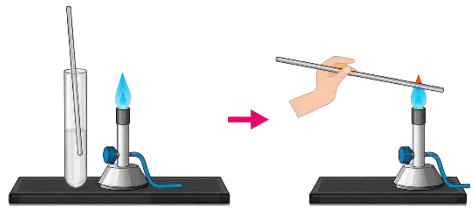
Gas CO_2 terbentuk dapat diuji dengan air kapur.

13.3 IDENTIFIKASI UNSUR KIMIA

Metode Klasik

Merupakan metode yang paling awal digunakan dalam analisis kimia.

Uji Nyala *(Flame Test)*

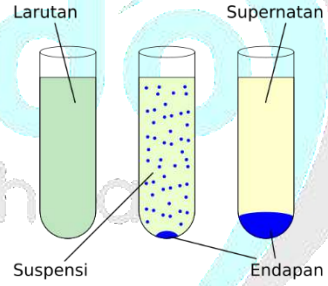


Sumber: byjus, modifikasi

Uji nyala digunakan untuk identifikasi beberapa logam alkali dan alkali tanah berdasarkan warna nyala yang dihasilkan ketika unsur dipanaskan dalam nyala api.

Unsur	Warna nyala
Natrium (Na)	Kuning terang
Kalium (K)	Ungu
Kalsium (Ca)	Merah bata
Barium (Ba)	Hijau
Tembaga (Cu)	Biru kehijauan

Reaksi Pembentukan Endapan



Sumber: Wikipedia (CC0), modifikasi

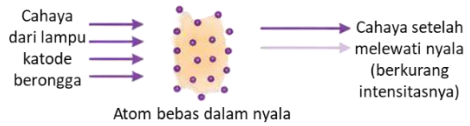
Beberapa unsur dapat diidentifikasi melalui pembentukan endapan dengan pereaksi tertentu.

Contoh

- Ion Ag^+ dengan Cl^- membentuk endapan putih AgCl
- Ion Ag^+ dengan Cl^- membentuk endapan putih AgCl

Metode Instrumental

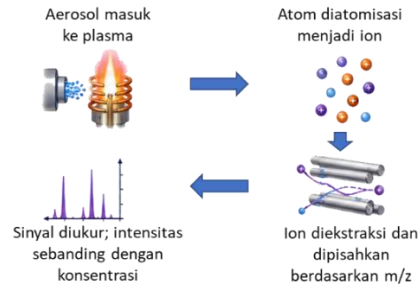
Atomic Absorption Spectrophotometry



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Menentukan konsentrasi logam berdasarkan penyerapan cahaya oleh atom bebas; digunakan untuk analisis logam berat dalam obat, bahan baku, dan kosmetik.

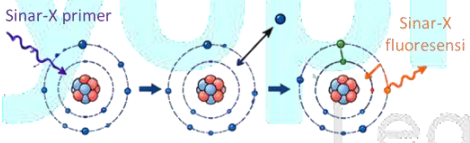
Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Memiliki sensitivitas sangat tinggi hingga tingkat ppb; digunakan untuk analisis unsur dalam obat, makanan, sampel biologis, dan lingkungan.

X-Ray Fluorescence

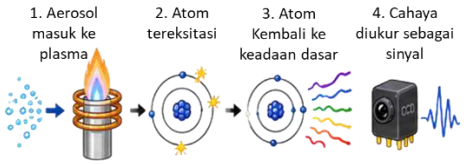


- Energi sinar-X primer mengeksitasi atom dalam sampel.
- Emisi fluoresensi bersifat khas untuk tiap unsur
- Intensitas sinyal berhubungan dengan kadar unsur dalam sampel

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Mengidentifikasi unsur dalam bahan padat tanpa merusak sampel (non-destruktif).

Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectroscopy



- Plasma argo menghasilkan atom/ion tereksitasi dari sampel
- Setiap unsur memancarkan Panjang gelombang khas
- Intensitas emisi sebanding dengan kadar unsur

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

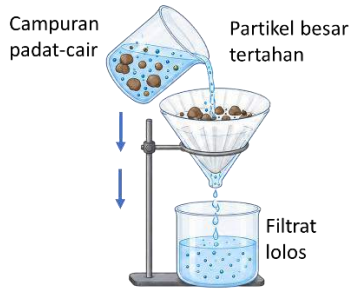
Menganalisis banyak unsur sekaligus berdasarkan emisi cahaya dari plasma.

Svehla, G. (1996)

13.4 CARA PEMISAHAN KIMIA

Berdasarkan Ukuran Partikel

Filtrasi (Penyaringan)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Proses memisahkan zat padat yang tidak larut dari cairan atau gas dengan menggunakan media saring (seperti kertas saring).

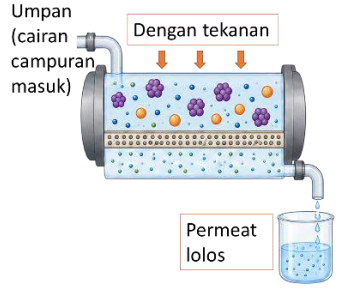
Dialisis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teknik yang digunakan untuk memisahkan partikel koloid dari partikel yang lebih kecil (ion atau molekul kecil) menggunakan membran semipermeabel.

Ultrafiltrasi

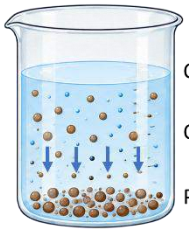


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Proses filtrasi menggunakan membran dengan pori-pori yang sangat halus, sering digunakan dalam pemurnian air atau pemisahan makromolekul.

Berdasarkan Massa/Massa Jenis

Sedimentasi *(Pengendapan)*

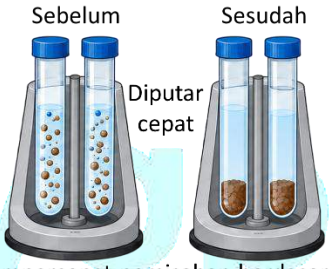


Partikel dengan massa jenis lebih besar turun ke dasar karena gravitasi

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Proses alami di mana partikel padat yang lebih berat dalam campuran cair-padat akan turun ke bawah karena gaya gravitasi.

Sentrifugasi *(Centrifugation)*



Mempercepat pemisahan berdasarkan massa jens dengan gaya sentrifugal

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode ini menggunakan gaya sentrifugal (diputar kecepatan tinggi) untuk mempercepat pengendapan partikel yang lebih padat ke dasar tabung, contohnya memisahkan sel darah dari plasma.

Dekantasi *(Decantation)*



Komponen ringan berada di atas, komponen lebih berat tetap di bawah

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teknik memisahkan cairan dari padatan yang telah mengendap dengan menuang cairannya secara perlahan.

Berdasarkan Pembentukan Senyawa Kompleks

Metode pemisahan berdasarkan pembentukan kompleks memanfaatkan kemampuan suatu ion atau molekul untuk membentuk senyawa kompleks dengan ligan tertentu. Metode ini banyak digunakan dalam analisis kimia untuk memisahkan atau mengidentifikasi ion logam. Senyawa kompleks terbentuk melalui interaksi antara ion logam dengan molekul atau ion yang disebut ligan.

Contoh reaksi pembentukan kompleks
Ion tembaga dengan amonia:

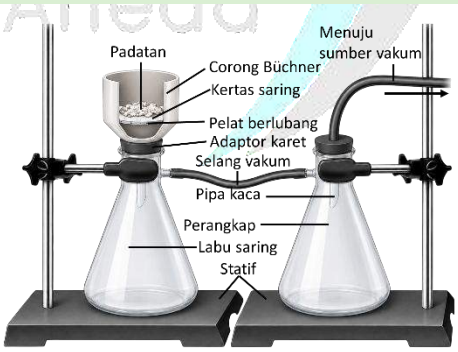
$$Cu^{2+} + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]^{2+}$$

Kompleks yang terbentuk memiliki warna biru tua yang khas.

Contoh			
Ion Logam	**Ligan**	**Kompleks**	**Warna**
Cu^{2+}	NH_3	$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$	Biru tua
Fe^{3+}	SCN^-	$[Fe(SCN)]^{2+}$	Merah darah
Ag^+	NH_3	$[Ag(NH_3)_2]^+$	Tidak berwarna

13.5 METODE PEMISAHAN

Filtrasi



Sumber: University of Richmond Spring (2023)

Filtrasi dapat dilakukan dengan gravitasi atau vakum untuk mempercepat proses.

Jenis filtrasi	
Gravitasi	Menggunakan gaya gravitasi (pemisahan endapan)
Vakum	Menggunakan tekanan negatif (filtrasi cepat)
Membran	Menggunakan membran mikropori (sterilisasi larutan)

Sublimasi

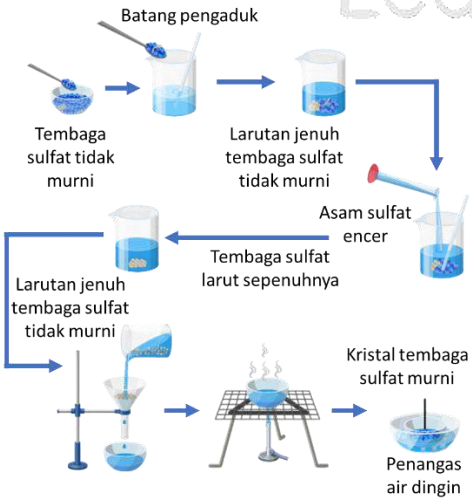


Sumber: Nandalal Sarkar/shutterstock, modifikasi

Sublimasi adalah metode pemisahan zat padat yang mudah menyublim (berubah langsung dari fase padat menjadi gas) dari campuran dengan zat yang tidak menyublim. Metode ini memanfaatkan perbedaan sifat volatilitas zat padat.

Contoh zat yang dapat dipisahkan	
Iodin	Mudah menyublim saat dipanaskan.
Kamper	Menguap tanpa mencair.
Naftalen	Digunakan dalam kapur barus.

Kristalisasi

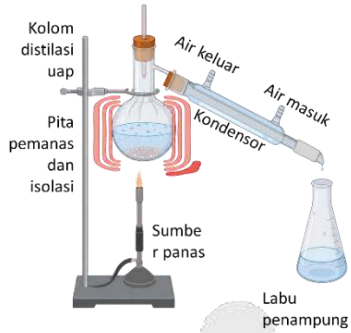


Sumber: CK-12/flexbooks.ck12, modifikasi

Kristalisasi merupakan metode pemisahan dan pemurnian zat padat berdasarkan perbedaan kelarutan dalam pelarut tertentu. Proses kristalisasi biasanya melibatkan langkah-langkah pelarutan zat dalam pelarut panas, pendinginan larutan, dan pembentukan kristal murni.

Capellades, G. (2022) Capellades, G. (2022)

Distilasi

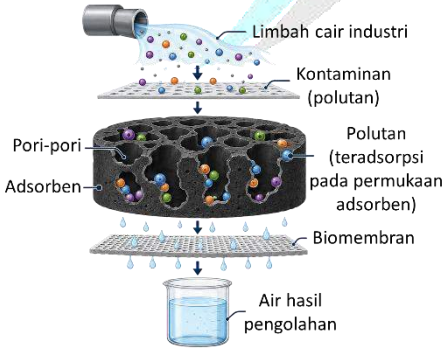


Sumber: Nour et al (2024)

Distilasi adalah metode pemisahan cairan berdasarkan perbedaan titik didih melalui pemanasan, penguapan, dan kondensasi.

Jenis Distilasi	
Sederhana	Perbedaan titik didih besar
Fraksional	Titik didih berdekatan
Uap	Senyawa tidak stabil terhadap panas
Vakum	Zat dengan titik didih tinggi

Adsorpsi



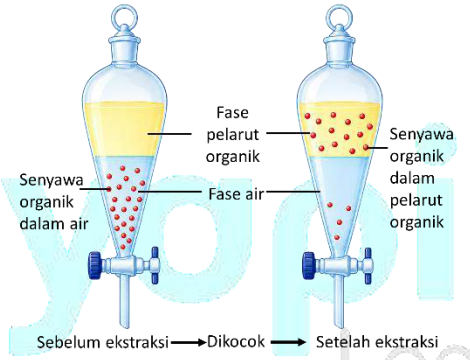
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan zat pada permukaan suatu padatan yang disebut adsorben. Metode ini sering digunakan dalam pemurnian larutan dan juga menjadi dasar dalam teknik kromatografi.

Adsorpsi Fisika (Fisisorpsi)	
Gaya	Gaya Van der Waals (lemah).
Karakteristik	Bersifat reversibel, terjadi pada suhu rendah, tidak spesifik, dan umumnya membentuk lapisan multi-molekul (multilayer).
Energi	Rendah (sekitar 5–40 kJ/mol).

Adsorpsi Kimia (Kemisorpsi)	
Gaya	Ikatan kimia (kovalen atau ionik) (kuat).
Karakteristik	Bersifat ireversibel, terjadi pada suhu tinggi, spesifik terhadap jenis adsorbat, dan membentuk lapisan tunggal.
Energi	Tinggi (sekitar 40–800 kJ/mol).

Ekstraksi



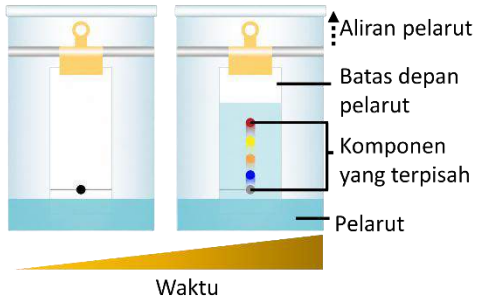
Ekstraksi cair-cair (LLE)

Sumber: ID154857669/dreamstime, modifikasi

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu komponen dari campurannya berdasarkan perbedaan kelarutan antara dua fase cair yang tidak saling bercampur, atau antara fase padat dan fase cair.

Jenis Ekstraksi	
Ekstraksi Cair-Cair	Prinsip utama adalah Hukum Distribusi *Nernst*, menyatakan bahwa pada suhu konstan, perbandingan konsentrasi zat terlarut dalam dua pelarut yang tidak bercampur adalah konstan.
Ekstraksi Padat-Cair	Proses ini melibatkan perendaman padatan dalam pelarut untuk melarutkan komponen yang diinginkan.
Ekstraksi Fase Padat	Menggunakan kolom kecil berisi fase diam (C18, silika, dll) untuk memisahkan analit dari matriksnya berdasarkan afinitas.

Kromatografi



Sumber: shalom-education, modifikasi

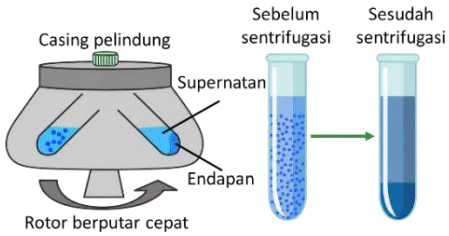
Kromatografi adalah teknik pemisahan fisika-kimia berdasarkan perbedaan distribusi komponen antara dua fase yaitu fase gerak (mobil) dan fase diam (stasioner). Komponen yang memiliki afinitas lebih besar terhadap fase diam akan bergerak lebih lambat, sementara yang afinitasnya lebih besar terhadap fase gerak akan bergerak lebih cepat.

Jenis kromatografi berdasarkan fase	
Adsorpsi	Berdasarkan adsorpsi pada fase diam polar (silika gel, alumina); komponen non-polar terelusi lebih cepat.
Partisi	Berdasarkan perbedaan kelarutan antara dua fase cair; contohnya kromatografi kertas.
Penukar Ion	Berdasarkan pertukaran ion antara fase diam bermuatan dan fase gerak; digunakan untuk protein dan ion anorganik.
Eksklusi Ukuran	Berdasarkan ukuran molekul menggunakan gel berpori; molekul besar terelusi lebih cepat.

Jenis kromatografi berdasarkan teknik	
Kolom	Fase diam dalam kolom; digunakan untuk pemisahan preparatif.
Lapis Tipis (KLT)	Fase diam pada lempeng; digunakan untuk analisis kualitatif cepat.
Gas (GC)	Menggunakan fase gerak gas; untuk senyawa volatil dan tahan panas.
Cair Kinerja Tinggi (HPLC/KCKT)	Menggunakan tekanan tinggi; memiliki resolusi, sensitivitas, dan kecepatan analisis tinggi.

(Watson, 2016)

Sentrifungsi



Sumber: glanlab, modifikasi

Sentrifugasi adalah teknik pemisahan yang menggunakan gaya sentrifugal (gaya radial) untuk mempercepat pengendapan partikel dalam suatu larutan.

Berdasarkan Kecepatan	
Rendah (RCF< 10.000 × g)	Untuk memisahkan sel darah dari plasma atau endapan kasar.
Tinggi (RCF: 10.000 –100.000 × g)	Untuk memisahkan organel sel dan protein.
Ultrasentrifugasi (RCF > 100.000 × g)	Untuk memisahkan virus, ribosom, serta DNA/RNA.

13.6 METODE ANALISIS KUANTITATIF

Metode Analisis Titrimetri

Metode analisis kuantitatif yang didasarkan pada reaksi antara larutan standar (titran) dan zat yang dianalisis hingga mencapai titik ekuivalen, yang ditandai perubahan warna indicator/alat.

$$N_1 \cdot V_1 = N_2 \cdot V_2$$

Ket:
N_1 = normalitas larutan standar
V_1 = volume larutan standar
N_2 = normalitas larutan sampel
V_2 = volume larutan sampel

Contoh
Sebanyak 10 mL sampel asam asetat (CH_3COOH) dititrasi dengan $NaOH$ 0,1 N. rata-rata volume $NaOH$ yang dibutuhkan adalah 15 mL. hitung normalitas asam asetat.

$$N_{asam} \times 10\ mL = 0{,}1\ N \times 15\ mL$$
$$N_{asam} = \frac{1{,}5}{10} = 0{,}15\ N$$

Jenis Titrasi	Prinsip	Contoh
Titrasi asam-basa	Reaksi Netra-lisasi	Penentuan kadar asam asetat
Titrasi redoks	Reaksi oksidasireduksi	Penentuan kadar Fe^{2+}
Titrasi kompleks-ometri	Pembentukan kompleks logam	Analisis Ca^{2+} dengan EDTA
Titrasi peng-endapan	Pembentukan endapan	Penentuan ion klorida

Metode Analisis Gravimetri

Gravimetri adalah metode analisis kuantitatif berdasarkan pengukuran massa zat yang diubah menjadi senyawa sukar larut (endapan), kemudian disaring, dicuci, dikeringkan atau dipijarkan, dan ditimbang.

Tahap Analisis Gravimetri	
Pengendapan	Membentuk endapan sukar larut dengan penambahan reagen secara perlahan.
Digesti	Memperbesar ukuran partikel dan meningkatkan kemurnian endapan melalui pemanasan.
Penyaringan	Memisahkan endapan dari larutan menggunakan saring kuantitatif.
Pencucian	Menghilangkan pengotor tanpa melarutkan endapan.
Pemijaran	Menghasilkan senyawa stabil yang siap ditimbang.

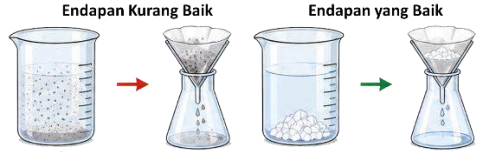
Contoh Reaksi Gravimetri:

$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_{4(s)}$$

Penentuan ion sulfat menggunakan barium klorida. Endapan barium sulfat ($BaSO_4$) kemudian disaring, dikeringkan, dan ditimbang untuk menentukan kadar ion sulfat dalam sampel.

13.7 TEORI PENGENDAPAN DAN ISOLASI SECARA KUANTITATIF METODE GRAVIMETRI

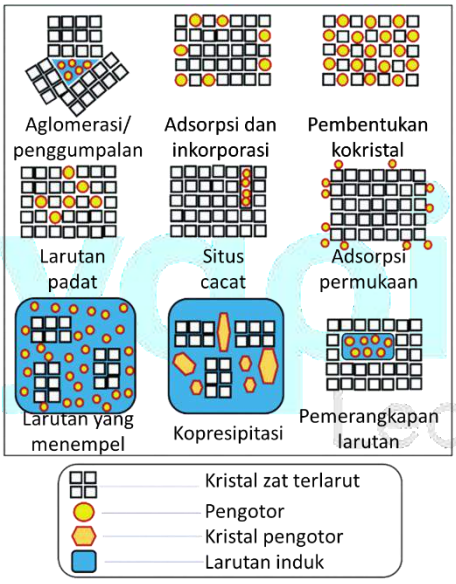
Kemurnian Endapan



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Kemurnian endapan sangat penting dalam analisis gravimetri karena pengotor dapat menyebabkan kesalahan penimbangan dan hasil yang tidak akurat. Pengotor yang terbawa bersama endapan disebut ko-presipitasi *(coprecipitation).*

Jenis kontaminasi	
Adsorpsi	Ion pengotor menempel pada permukaan endapan.
Inklusi	Ion pengotor terperangkap dalam kristal.
Oklusi	Larutan induk terjebak dalam endapan.
Post-precipitation	Endapan lain terbentuk setelah endapan utama.

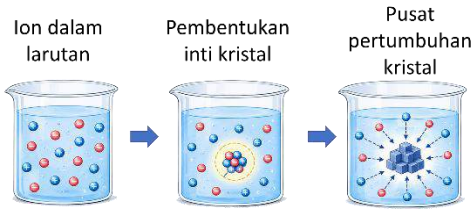


Sumber: Capellades et al., 2022

Mekanisme Pengendapan

Proses pengendapan analisis gravimetri:

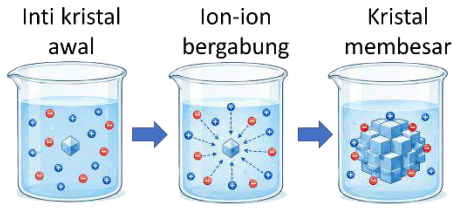
Nukleasi *(Nucleation)*



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Nukleasi adalah tahap awal pembentukan inti kristal dari ion-ion yang berada dalam larutan. Pada tahap ini, ion-ion yang bereaksi membentuk partikel kecil yang menjadi pusat pertumbuhan kristal.

Pertumbuhan Kristal



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Setelah inti kristal terbentuk, ion-ion lain dari larutan akan bergabung dengan inti tersebut sehingga kristal semakin besar. Endapan dengan ukuran kristal yang besar biasanya lebih mudah disaring dan lebih murni dibandingkan endapan dengan kristal yang sangat kecil.

Faktor	Pengaruh
Konsentrasi larutan	Konsentrasi tinggi mempercepat pembentukan endapan
Suhu	Suhu tinggi meningkatkan pertumbuhan kristal
Kecepatan penambahan pereaksi	Penambahan lambat menghasilkan kristal lebih besar
Pengadukan	Membantu distribusi pereaksi secara merata

Faktor Gravimetri

Faktor gravimetri (*gravimetric factor,* GF atau FG) adalah angka konversi yang menyatakan massa analit (zat yang dicari) per satuan massa senyawa yang ditimbang (bentuk penimbangan).

Rumus faktor:

$$FG = \frac{Ar\ atau\ Mr\ analit}{Mr\ Endapan} \times \frac{a}{b}$$

Ket:

- Ar atau Mr Analit = massa molar analit (dalam g/mol)
- Mr Endapan = massa molar senyawa yang ditimbang (g/mol)
- a = jumlah atom atau ion analit dalam satu satuan rumus bentuk penimbangan
- b = jumlah satuan rumus bentuk penimbangan yang mengandung atom/ion analit

Contoh:
Penetuan Besi (Fe) sebagai Fe_2O_3
Reaksi pengendapan:

$$Fe^{3+} + 3OH^- \longrightarrow Fe(OH)_3\downarrow$$

Pemijaran:

$$2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2O$$

Dari bentuk penimbangan endapan Fe_2O_3, setiap 1 mol Fe_2O_3 mengandung 2 mol Fe. Maka a=2, b=1

$$FG = \frac{2 \times Ar\ Fe}{Mr\ Fe_2O_3}$$

Perhitungan Analisis Metode Gravimetri

Perhitungan dalam metode gravimetri dilakukan berdasarkan hubungan stoikiometri antara analit dan senyawa endapan yang ditimbang.

Rumus Dasar Kadar analit (dalam % b/b):

$$\frac{Dasar\ analit}{(\%b/b)} = \frac{Massa\ endapan\ (g) \times FG}{Massa\ sampel} \times 100\%$$

Contoh: penentuan kadar klorida dalam sampel padat
Sebanyak 0,5000 g sampel NaCl teknis dilarutkan, kemudian klorida diendapkan sebagai AgCl. Endapan yang diperoleh setelah pencucian dan pengeringan adalah 1,2450 g. Hitung kadar Cl^- dalam sampel (dalam %).
Diketahui: Ar Cl = 35,453; Mr AgCl = 143,321.
Jawab:

$$FG = \frac{2 \times Ar\ Cl^-}{Mr\ AgCl} = \frac{2 \times 35{,}453}{143{,}321} = 0{,}2474$$

$$Kadar\ Cl^- = \frac{1{,}2450\ g \times 0{,}2474}{0{,}5000\ g} \times 100\%$$

$$= 61{,}60\%$$

13.8 TITRIMETRI

Titrasi Asam Basa



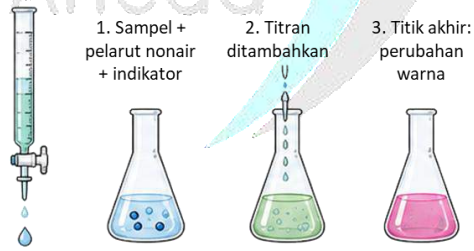
Titik Ekuivalen Terjadi perubahan warna indikator menandakan reaksi netralisasi telah mencapai titik ekuivalen.
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode analisis kuantitatif volumetri yang didasarkan pada reaksi netralisasi antara analit dan larutan standar untuk menentukan konsentrasi zat secara stoikiometri.

Faktor utama keberhasilan titrasi asam-basa	
Reaksi yang Stoikiometri dan Cepat	Reaksi antara asam dan basa harus berlangsung kuantitatif (sempurna) dan instan.
Penentuan Titik Akhir *(Endpoint)*	Diperlukan metode yang tepat untuk mendeteksi saat reaksi setara (titik ekivalen), biasanya menggunakan indikator atau pH meter.
Larutan Standar	Konsentrasi titran harus diketahui secara akurat (standar primer atau sekunder).

Indikator	pH	Asam	Basa
Metil oranye	3.1–4.4	Merah	Oranye
Metil merah	4.4–6.2	Merah	Kuning
Bromkresol hijau	4.0–5.6	Kuning	Biru
Fenol merah	6.4–8.0	Kuning	Merah
Fenolftalein	8.0–10.0	Tidak berwarna	Merah
Timolftalein	9.4–10.6	Tidak berwarna	Biru

Titrasi Bebas Air



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Titrasi yang menggunakan pelarut non-air untuk menganalisis asam atau basa lemah yang tidak dapat dititrasi dengan baik dalam air.

Contoh reaksi titrasi basa lemah dalam pelarut asam asetat:

$$B + HClO_4 \rightarrow BH^+ + ClO^{4-}$$

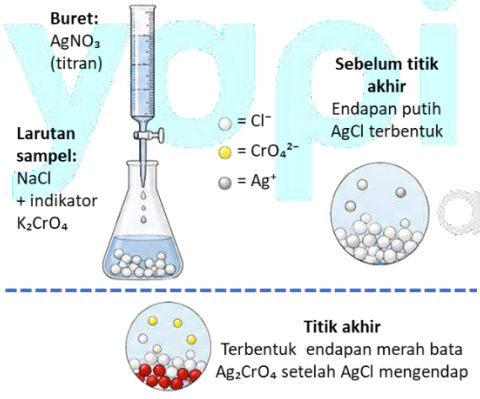
Ket:
- B = basa organik (misalnya amina)
- $HClO_4$ = titran (asam perklorat)

Dalam titrasi bebas air, pelarut dipilih berdasarkan sifat asam–basa untuk meningkatkan ketajaman reaksi.

Jenis Pelarut	
Aprotik	Inert, tidak mendonor/ menerima proton (misal benzena, kloroform), digunakan untuk melarutkan zat, sering dicampur dengan pelarut lain.
Protogenik	Donor proton (misal asam asetat glasial, asam format); digunakan untuk titrasi basa lemah.
Protofilik	Akseptor proton (misal etilendiamin, DMF, piridin); digunakan untuk titrasi asam lemah.
Amfiprotik	Dapat donor dan akseptor proton (misal air, alkohol); sifatnya bergantung pada zat terlarut.

Titrimetri Pengendapan

Metode Mohr



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode Mohr merupakan metode titrasi langsung yang menggunakan indikator kalium kromat (K_2CrO_4). Pada metode ini, larutan klorida dititrasi dengan larutan standar perak nitrat. Pada titik akhir titrasi, kelebihan ion perak akan bereaksi dengan ion kromat membentuk endapan merah bata **perak kromat (Ag_2CrO_4)**.

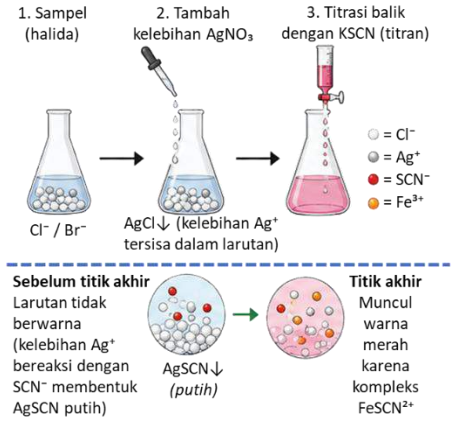
Reaksi utama:

$$Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$$

Reaksi indikator:

$$2Ag^+ + CrO_4^{2-} \rightarrow Ag_2CrO_4$$

Metode Volhard



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode Volhard merupakan metode titrasi **tidak langsung *(back titration)*** yang digunakan untuk menentukan kadar halida. Dalam metode ini, larutan halida direaksikan terlebih dahulu dengan **$AgNO_3$ berlebih**, kemudian kelebihan Ag^+ dititrasi dengan larutan **amonium tiosianat (NH_4SCN)** menggunakan indikator **besi(III)**.

Reaksi titrasi:

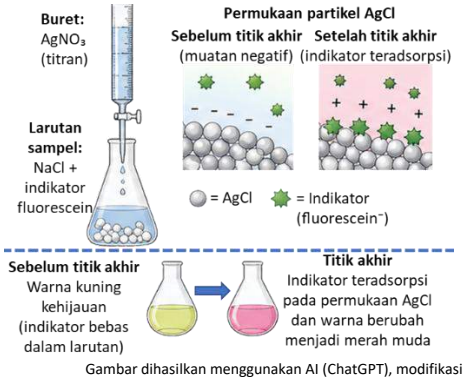
$$Ag^+ + SCN^- \rightarrow AgSCN$$

Reaksi indikator:

$$Fe^{3+} + SCN^- \rightarrow [FeSCN]^{2+}$$

Indikator yang digunakan adalah ion Fe^{3+}. Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya kompleks merah kecokelatan antara Fe^{3+} dan SCN^- setelah seluruh Ag^+ habis bereaksi.

Metode Fajans

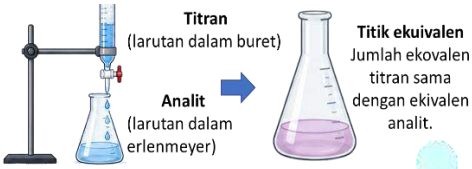


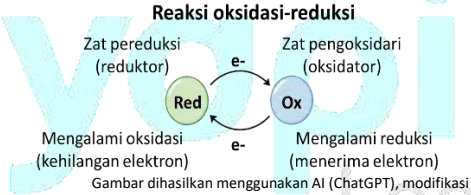
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode Fajans menggunakan **indikator adsorpsi** yang akan berubah warna ketika teradsorpsi pada permukaan endapan. Contoh indikator yang digunakan adalah ***fluorescein***. Pada titik akhir titrasi, indikator akan teradsorpsi pada permukaan endapan AgCl sehingga terjadi perubahan warna.

Perbandingan Metode			
Metode	**Jenis**	**Indikator**	**Aplikasi**
Mohr	Langsung	K_2CrO_4	Cl^-
Volhard	Tidak langsung	Fe^{3+}	Halida
Fajans	Langsung	*Fluorescein*	Cl^-, Br^-

Titrimetri Redoks





Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Titrimetri redoks adalah **metode analisis kuantitatif yang didasarkan pada reaksi transfer elektron antara oksidator dan reduktor.** Reaksi redoks melibatkan perpindahan elektron dari satu zat ke zat lain. Reaksi dapat dituliskan dalam bentuk setengah reaksi oksidasi dan reduksi.

Contoh reaksi redoks antara ion besi(II) dan kalium permanganat:

Oksidasi:

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$$

Reduksi:

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

Reaksi keseluruhan:

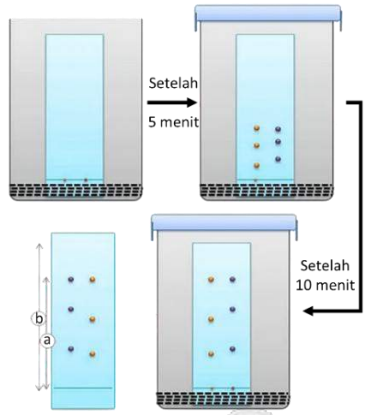
$$5Fe^{2+} + MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow 5Fe^{3+} + Mn^{2+} + 4H_2O$$

Reaksi ini menunjukkan bahwa ion Fe^{2+} mengalami oksidasi sedangkan ion permanganat mengalami reduksi.

Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2018)

13.9 MEKANISME PEMISAHAN SECARA KROMATOGRAFI

Kromatografi Lapis Tipis



Sumber: Sagar Aryal/microbenotes, modifikasi

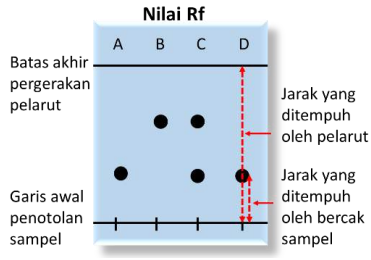
Pada metode ini, fase diam berupa lapisan tipis adsorben seperti silika gel, alumina, dan selulosa. Lapisan tersebut dilapiskan pada pelat kaca, aluminium, atau plastik. Sedangkan, Fase gerak berupa campuran pelarut yang akan naik melalui pelat karena gaya kapiler.

Retardation factor (Rf)

Nilai *Retardation factor* (Rf) dalam Kromatografi Lapis Tipis (KLT) adalah parameter untuk mengukur migrasi komponen senyawa, dihitung dengan membagi jarak noda sampel dengan jarak pelarut.

Rumus Rf:

$$Rf = \frac{Jarak\ perpindahan\ senyawa}{Jarak\ perpindahan\ pelarut}$$



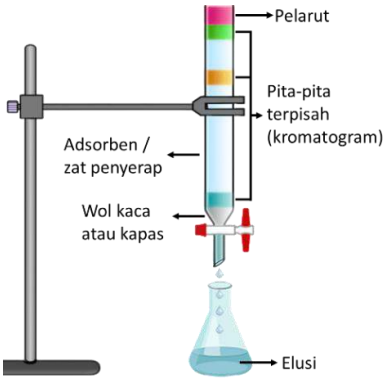
Sumber: Hanny Ferry Fernanda, modifikasi

Untuk bercak pada jalur D:

$$Rf = \frac{28{,}0\ mm}{80{,}0\ mm} = 0{,}35$$

Jalur	Zat yang ditotolkan	Jarak bercak 1(mm)	Jarak bercak 2(mm)	Jarak pelarut (mm)	Rf 1	Rf 2
C	X + Y	28,5	59,0	79,5	0,36	0,74
D	Tidak diketahui	28,0	-	80,0	0,35	-

Kolom Kromatografi

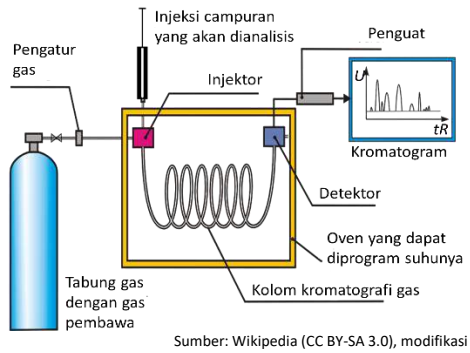


Sumber: Srivastava et al., 2021

Kolom kromatografi adalah komponen utama tempat terjadinya pemisahan campuran melalui interaksi antara fase diam dan fase gerak. Sampel dimasukkan dari atas, lalu fase gerak mengalir membawa komponen dengan kecepatan berbeda sehingga terpisah menjadi beberapa fraksi.

Jenis Kromatografi Kolom	
Adsorpsi	Berdasarkan adsorpsi pada fase diam; untuk pemurnian senyawa organik dan lipid.
Partisi Normal	Distribusi polar–nonpolar (silika polar, pelarut nonpolar); untuk vitamin dan pestisida.
Partisi Terbalik	Distribusi nonpolar–polar (C18/C8, pelarut air–metanol); untuk analisis obat dan makanan.
Penukar Ion	Dasar interaksi muatan ionik; untuk pemisahan ion dan protein.
Eksklusi Ukuran	Berdasarkan ukuran molekul menggunakan gel berpori; untuk protein dan polimer.
Afinitas	Berdasarkan interaksi biologis spesifik; untuk antibodi dan enzim.
Kiral	Berdasarkan interaksi kiral; untuk pemisahan enantiomer obat.
HIC	*Hydrophobic Interaction Chromatography* berdasarkan interaksi hidrofobik; untuk pemisahan protein hidrofobik.

Gas Kromatografi

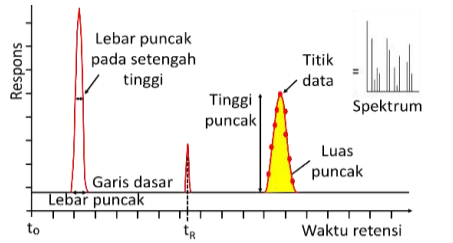


Sumber: Wikipedia (CC BY-SA 3.0), modifikasi

Gas kromatografi (GC) merupakan teknik kromatografi yang digunakan untuk memisahkan dan menganalisis senyawa yang mudah menguap *(volatile)* dan stabil terhadap panas.

Komponen Utama Kromatografi Gas	
Komponen	**Fungsi**
Gas pembawa	Membawa sampel melalui kolom
Injektor	Tempat memasukkan sampel
Kolom GC	Tempat pemisahan senyawa
Oven kolom	Mengatur suhu kolom
Detektor	Mendeteksi senyawa yang keluar dari kolom
Sistem pencatat	Menampilkan kromatogram

Cara Kerja Kromatografi Gas	
Injeksi Sampel	Sampel cair/gas dimasukkan ke dalam injektor dan diuap.
Transport oleh Gas Pembawa	Gas pembawa membawa uap sampel menuju kolom kromatografi.
Pemisahan dalam Kolom	Komponen sampel berinteraksi dengan fase diam dan terpisah berdasarkan volatilitas dan interaksi kimianya.
Deteksi Senyawa	Senyawa keluar dari kolom akan dideteksi oleh detektor.
Pembentukan Kromatogram	Sinyal detektor direkam dalam bentuk grafik (kromatogram).



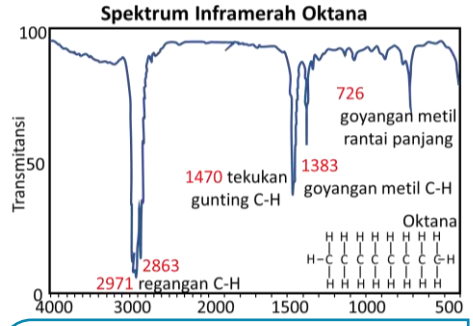
Sumber: Diane Turner/Anthias Consulting, modifikasi

Sumbu x adalah waktu retensi, yang diukur dari saat sampel diinjeksikan ke dalam GC (t_0) hingga akhir proses GC. Setiap puncak analit memiliki waktu retensi yang diukur dari puncak tertinggi, misalnya t_R.

Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2018)

13.10 SPEKTROSKOPI

Spektroskopi IR (Inframerah)



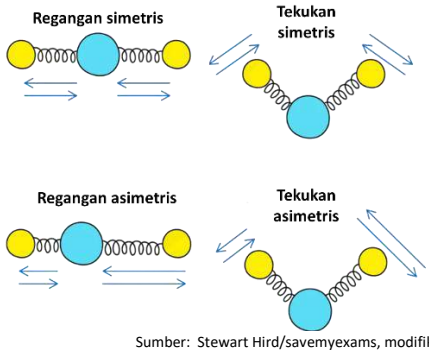
Pada senyawa alkena, setiap pita dalam spektrum dapat diidentifikasi sebagai:

- Regangan C=C dari 1680-1640 cm-1
- Regangan =C–H dari 3100-3000 cm-1
- Tekuk =C–H dari 1000-650 cm-1

Sumber: Chemistry LibreTexts, (CC BY-NC-SA 4.0)

Teknik analisis yang mempelajari penyerapan radiasi inframerah oleh molekul sehingga ikatan mengalami getaran. Setiap gugus fungsi memiliki frekuensi khas yang menghasilkan spektrum unik, sehingga disebut sidik jari molekul *(molecular fingerprint).* Radiasi inframerah berada pada panjang gelombang 0,78–1000 µm dalam spektrum elektromagnetik.

Prinsip Dasar Spektroskopi IR

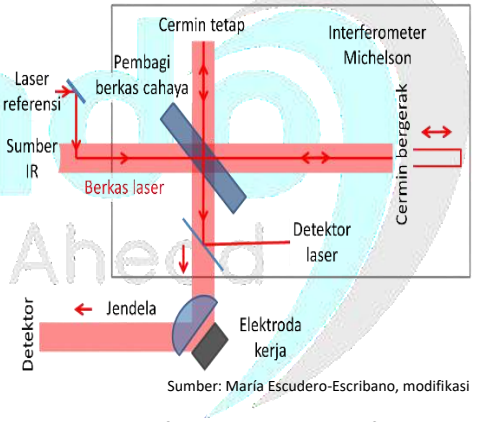


Sumber: Stewart Hird/savemyexams, modifikasi

Penyerapan radiasi inframerah oleh molekul yang menyebabkan terjadinya vibrasi ikatan kimia. Ketika energi radiasi inframerah sesuai dengan energi vibrasi suatu ikatan kimia, maka molekul akan menyerap energi tersebut sehingga terjadi perubahan tingkat energi vibrasi.

Jenis Getaran Molekul dalam spektroskopi IR	
Vibrasi Peregangan *(Stretching)*	Vibrasi peregangan terjadi ketika jarak antara dua atom dalam suatu ikatan berubah. Jenis vibrasi: simetris dan asimetris.
Vibrasi Pembeng-kokan *(Bending)*	Vibrasi pembengkokan terjadi ketika sudut antara dua ikatan berubah. Jenis vibrasi: *scissoring, rocking, wagging,* dan *twisting.*

Instrumentasi Spektrofotometer IR



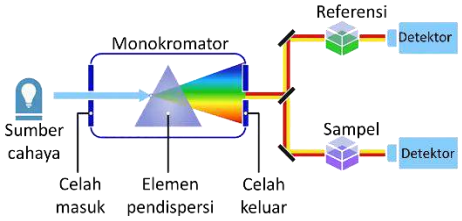
Sumber: María Escudero-Escribano, modifikasi

Spektrofotometer inframerah adalah alat untuk mengukur penyerapan radiasi inframerah oleh sampel dan menghasilkan spektrum inframerah.

Keterangan	
Sumber radiasi	Hasilkan radiasi inframerah
Monokromator/ interferometer	Memisahkan panjang gelombang
Ruang sampel	Tempat meletakkan sampel
Detektor	Mengukur energi radiasi yang diterima
Sistem komputer	Mengolah data menjadi spektrum

Mendes, E. dkk (2021)

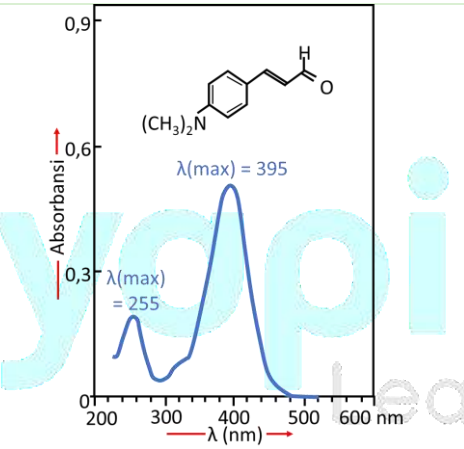
Spektroskopi UV-VIS



Sumber: measurlabs, modifikasi

Metode ini digunakan untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa berdasarkan kemampuan molekul menyerap radiasi elektromagnetik pada daerah ultraviolet dan cahaya tampak.

Prinsip Dasar Spektrometri UV VIS



Sumber: Chemistry.msu.edu, 2026

Spektrometri UV–Vis didasarkan pada penyerapan energi radiasi ultraviolet atau cahaya tampak oleh molekul, yang menyebabkan terjadinya transisi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Radiasi yang digunakan dalam spektrofotometri UV–Vis	
Ultraviolet (UV)	200 – 400 nm
Visible (tampak)	400 – 800 nm

Ketika radiasi mengenai suatu molekul, sebagian energi akan diserap sehingga elektron dalam molekul tersebut mengalami eksitasi elektronik. Senyawa yang memiliki gugus kromofor seperti ikatan rangkap terkonjugasi atau gugus aromatik biasanya dapat menyerap radiasi pada daerah UV–Vis.

Terjadinya Serapan dan Cara Menghitung Serapan

Serapan radiasi dalam spektrofotometri UV–Vis terjadi ketika energi radiasi yang diberikan sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron dalam molekul.

Beberapa Jenis Transisi Elektron	
Transisi σ	σ*
Transisi n	σ*
Transisi π	π*
Transisi n	π*

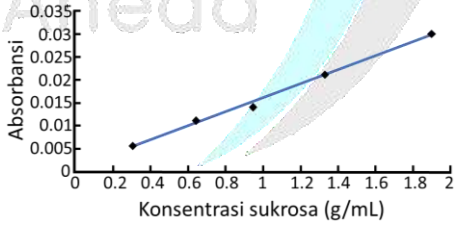
Transisi π → π* dan n → π* merupakan transisi yang paling sering terjadi dalam senyawa organik yang dianalisis dengan spektrofotometri UV–Vis.

Hubungan antara absorbansi, konsentrasi, dan panjang lintasan cahaya dijelaskan oleh **Hukum Lambert–Beer.**

A = ε b c

Keterangan:
- **A** = absorbansi
- **ε** = koefisien absorptivitas molar
- **b** = panjang lintasan cahaya (cm)
- **c** = konsentrasi larutan

Analisis Kuantitatif



Sumber: Borji et al., 2017

Metode ini dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan sampel kemudian membandingkannya dengan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya.

Prosedur analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV–Vis	
1.	Pembuatan larutan standar.
2.	Pengukuran absorbansi standar.
3.	Pembuatan kurva kalibrasi.
4.	Pengukuran absorbansi sampel.
5.	Perhitungan konsentrasi sampel.

KIMIA FARMASI ANALISIS

14.1 ANALISIS BENTUK SEDIAAN FARMASI SECARA UMUM

Kimia Farmasi Analisis

1. Pengujian bahan baku
2. *In-process control* (IPC)



3. Uji stabilitas
4. Bioanalisis



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Cakupan Analisis Kimia dalam Farmasi	
Pengujian Bahan Baku	Setiap komponen, baik Zat Aktif (API) maupun Eksipien, harus diuji kesesuaiannya dengan standar monografi Farmakope.
***In-Process Control* (IPC)**	Dilakukan selama proses produksi berlangsung untuk memantau apakah parameter proses berjalan sesuai rencana.
Uji Stabilitas *(Stability Testing)*	Analisis dilakukan secara periodik untuk memantau laju degradasi dan menentukan masa kedaluwarsa serta kondisi penyimpanan yang optimal.
Bioanalisis	Aplikasi kimia analisis untuk mengukur konsentrasi obat dan metabolitnya dalam matriks biologis yang kompleks.

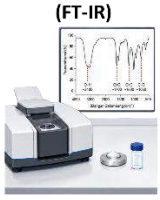
Metode Analisis Kualitatif Obat

1. Reaksi Warna dan Pengendapan



1. Larutan obat
2. + Dragendorff

2. Spektroskopi Inframerah (FT-IR)



3. + Mayer 5. + $AgNO_3$
4. + $FeCl_3$

3. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Reaksi Warna dan Pengendapan	Prinsip penggunaan pereaksi spesifik yang bereaksi dengan gugus fungsi tertentu pada molekul obat.
Spektroskopi Inframerah (FT-IR)	Tiap senyawa miliki spektrum serapan IR yang unik karena setiap ikatan kimia bervibrasi pada frekuensi yang spesifik.
Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	Identifikasi dilakukan dengan membandingkan nilai R_f dan profil warna noda antara sampel dan baku pembanding di bawah sinar UV (254/366 nm) atau melalui visualisasi dengan pereaksi semprot.

Uji Organoleptik dan Sidar Fisikokimia



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Organoleptik	Pengamatan indrawi terhadap bentuk (kristal, amorf), warna, dan bau khas.
Sifat fisikokimia	Pengujian kelarutan dalam berbagai pelarut (polar hingga non-polar), penentuan titik lebur untuk zat padat menggunakan alat melting point apparatus, dan indeks bias untuk zat cair.

(Depkes RI, 2020)

Protokol Sistematis Analisis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sampling (Pengambilan Sampel)

Bertujuan memperoleh bagian yang representatif dari keseluruhan bets produksi.

Pre-treatment (Pra-perlakuan)

Tahap Persiapan	
Pengecilan ukuran	Penggilingan tablet menjadi serbuk halus.
Penimbangan	Menggunakan neraca analitik dengan ketelitian tinggi.
Ekstraksi	Melarutkan sampel untuk mengekstraksi zat aktif dari matriks padat.

Pemisahan *(Separation)*

Metode yang Umum Digunakan	
Filtrasi	Memisahkan partikel padat yang tidak larut.
Ekstraksi Cair-Cair	Memisahkan zat berdasarkan perbedaan partisi dalam dua pelarut tidak bercampur.
Kromatografi	Teknik modern yang mampu memisah sekaligus mengukur kadar zat secara simultan

Pengukuran *(Measurement)*

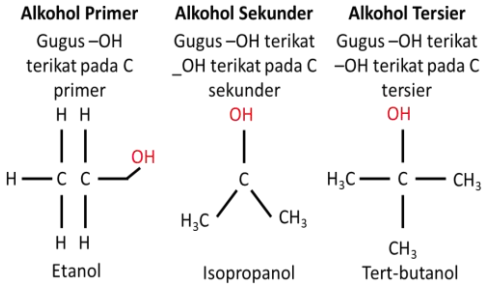
Pengukuran yang Digunakan	
Metode Klasik	Titrimetri (Volumetri) atau Gravimetri untuk kadar yang relatif tinggi.
Metode Instrumental	Spektrofotometri UV-Vis, kromatografi cair kinerja tinggi, /Spektroskopi Massa untuk akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi.

Interpretasi dan Validasi Data

Data dibandingkan dengan ambang batas yang tertera dalam Farmakope. Jika hasil berada di luar rentang, maka produk dinyatakan *out of specification* dan tidak dapat diedarkan.

14.2 ALKOHOL, FENOL

Klasifikasi Golongan Alkohol



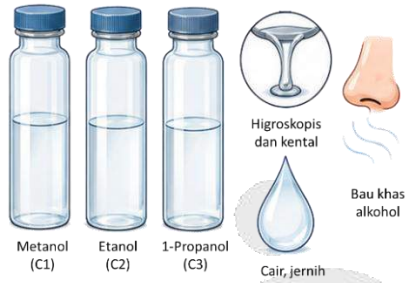
Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Klasifikasi alkohol, berdasarkan letak gugus hidroksil pada rantai karbon	
Primer	Gugus -OH terikat pada C primer (misal: Etanol).
Sekunder	Gugus -OH terikat pada C sekunder (misal: Isopropanol).
Tersier	Gugus -OH terikat pada C tersier (misal: Tert-butanol).

Analisis kualitatif Golongan Alkohol

Uji Organoleptik dan Fisikokimia

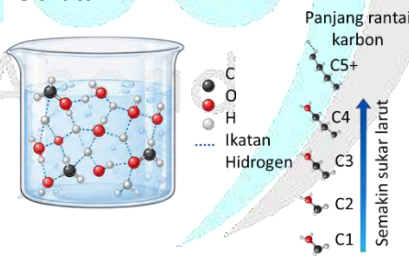
A. Wujud dan Bau



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Alkohol rantai pendek (C1-C5) umum berbentuk cair, jernih, dan memiliki bau khas. Alkohol polivalen seperti Gliserin bersifat higroskopis dan kental.

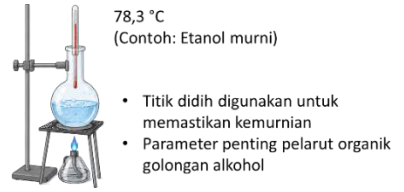
B. Kelarutan



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Alkohol rantai pendek sangat larut dalam air karena kemampuan membentuk ikatan hidrogen. Seiring bertambah rantai karbon, kelarutan dalam air menurun.

C. Titik Didih



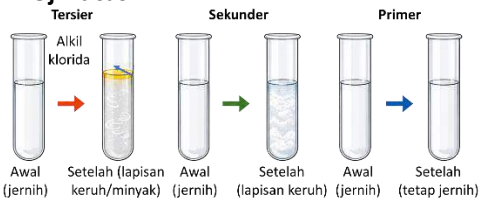
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Digunakan untuk memastikan kemurnian pelarut organik golongan alkohol.

Farmakope Indonesia Edisi VI (2020)

Reaksi Kimia Identifikasi

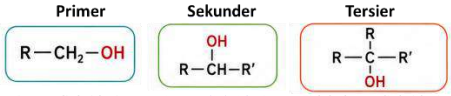
A. Uji Lucas



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Tersier	Reaksi sangat cepat, membentuk lapisan keruh/minyaksecara instan.
Sekunder	Bereaksi dalam waktu 5–10 menit dengan pemanasan ringan.
Primer	Tidak menunjukkan reaksi pada suhu kamar.

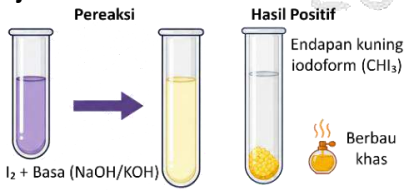
B. Uji Oksidasi (pereaksi kalium dikromat)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Alkohol primer dan sekunder dapat dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ dalam suasana asam (H2SO4), ditandai perubahan warna dari jingga (Cr^{6+}) jadi hijau (Cr^{3+}). Alkohol tersier tidak dapat dioksidasi karena tidak memiliki atom H pada karbon pengikat -OH.

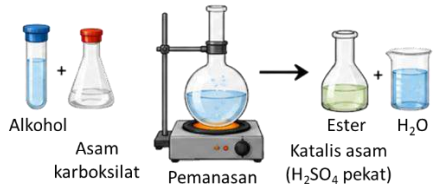
C. Uji Iodoform



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Khusus untuk alkohol yang memiliki struktur metil karbinol ($CH_3CH(OH)^-$), seperti etanol dan isopropanol. Reaksi dengan iodium (I_2) dalam suasana basa akan menghasilkan endapan kuning iodoform (CHI_3) yang berbau khas.

D. Pembentukan Ester (Esterifikasi)

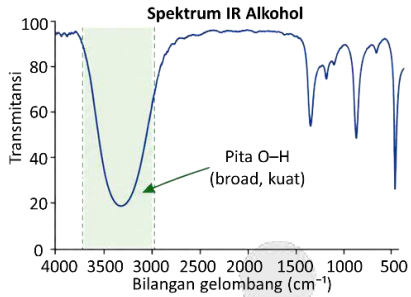


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Alkohol direaksikan dengan asam karboksilat dengan katalis H_2SO_4 pekat akan menghasilkan ester yang memiliki aroma buah yang spesifik.

Analisis Instrumental (Identifikasi Modern)

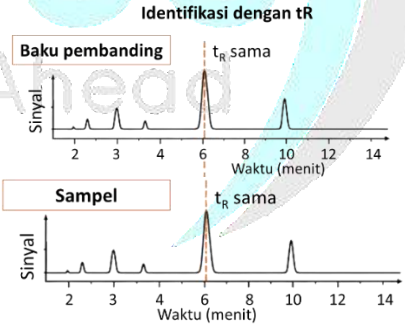
A. Spektroskopi FT-IR



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Karakteristik alkohol pada spektrum IR adalah adanya pita serapan lebar yang sangat kuat pada bilangan gelombang 3200–3600 cm-1 akibat vibrasi regangan gugus -OH yang berikatan hidrogen.

B. Kromatografi Gas (GC)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

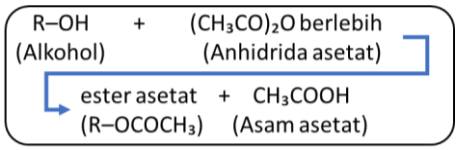
Mengidentifikasi alkohol volatil dengan bandingkan waktu retensi (t_R) sampel terhadap baku pembanding.

(Watson, 2020)

Analisis Kuantitatif (Penetapan Kadar) Golongan Alkohol

Metode Titrimetri

A. Metode Asetilasi



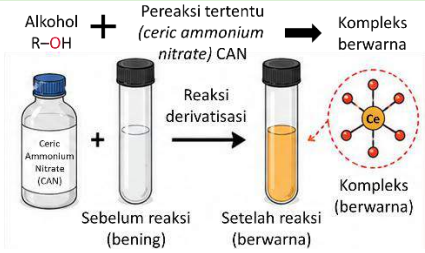
Gugus -OH diasetilasi, lalu sisa asam ditentukan dengan titrasi kembali NaOH.

B. Metode Karl Fischer

H_2O + reagen Karl Fischer → titik akhir
(Iodin–SO_2–Amina–MeOH)

Digunakan untuk menentukan kadar air dan kemurnian alkohol absolut.

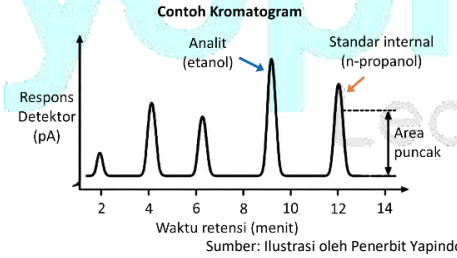
Metode Spektrofotometri UV-Vis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode Spektrofotometri UV-Vis	
1.	Alkohol sederhana tidak menyerap UV signifikan karena tidak memiliki kromofor.
2.	Alkohol dapat dianalisis melalui derivatisasi agar terukur pada sinar tampak.

Metode Kromatografi Gas (GC)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Prinsip	Sampel diuap dan dibawa oleh gas pembawa melalui kolom.
Detektor	Umumnya menggunakan *Flame Ionization Detector* (FID) karena sangat sensitif terhadap senyawa organik.
Kuantifikasi	Menggunakan metode standar internal (misal: n-propanol) untuk meningkatkan akurasi.

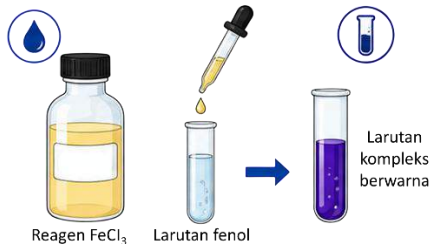
Karakteristik Fisikokimia Golongan Fenol

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

Senyawa fenol umumnya berbentuk padatan kristal (kecuali beberapa fenol substitusi) dengan bau yang khas. Sifat kimia utamanya adalah asam lemah.

Analisis Kualitatif Golongan Fenol

Uji Besi (III) Klorida



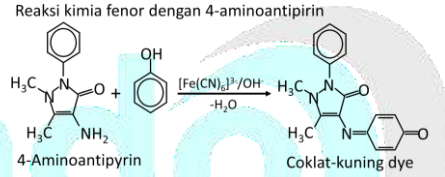
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Kebanyakan fenol membentuk kompleks berwarna dengan $FeCl_3$.

Fenol/Resorsinol	Ungu/Biru tua.
Katekol	Hijau.
Hidrokuinon	Hijau yang cepat berubah menjadi kuning (kuinon).

Reaksi Marquis

Reaksi kimia fenor dengan 4-aminoantipirin

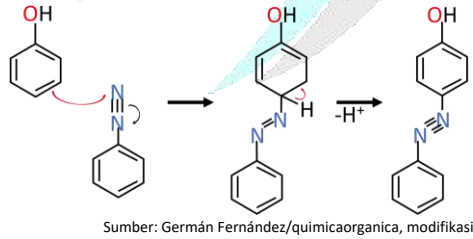


Sumber: Abu wildan/sampling-analisis, modifikasi

Menggunakan campuran formalin dan asam sulfat pekat. Berikan warna spesifik (misal: merah, cokelat, atau ungu)

Reaksi Diazo

Serangan benzene teraktivasi pada nitrogen garam



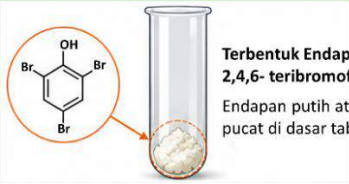
Sumber: Germán Fernández/quimicaorganica, modifikasi

Fenol bereaksi dengan reagen diazo (asam sulfanilat + $NaNO_2$ + HCl) dalam suasana basa membentuk pewarna azo yang berwarna merah atau jingga.

Identifikasi Spesifik		
Senyawa	**Reaksi**	**Hasil**
Resorsi-nol	Reaksi *Phthalein* (dipanaskan dengan Anhidrida Phthaleat+H_2SO_4)	Fluoresensi hijau intens (setelah basa)
Hidro-kuinon	Penambahan $AgNO_3$ amoniakal	Cermin perak/ hitam (reduksi)

Analisis Kuantitatif Golongan Fenol

Metode Titrimetri (Bromometri)

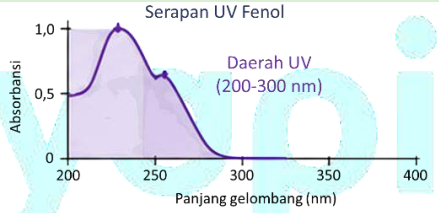


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Digunakan untuk fenol yang memiliki posisi orto atau para yang kosong. Fenol akan bereaksi dengan brom berlebih membentuk endapan tribromofenol.

Reaksi	
Pembentukan Br_2 *in situ*	$KBrO_3 + 5KBr + 6HCl \rightarrow 3Br_2 + 3H_2O + 6KCl$
Substitusi elektrofilik	$C_6H_5OH + 3Br_2 \rightarrow C_6H_2Br_3OH + 3HBr$

Metode Spektrofotometri UV-Vis

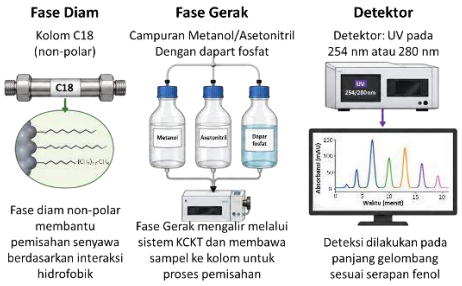


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Fenol memiliki serapan alami di daerah UV karena ada cincin aromatik. Untuk meningkatkan sensitivitas, sering dilakukan reaksi pembentukan warna.

Metode 4-Aminoantipirin: Fenol bereaksi dengan 4-aminoantipirin pada pH 10 dengan adanya oksidator ($K_3Fe(CN)_6$) membentuk kompleks antipirin-kuinonimin yang berwarna merah dan dapat diukur pada λ 510 nm.

Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

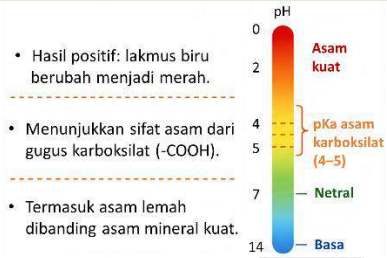
Untuk campuran fenol kompleks (misal ekstrak tanaman/sirup kombinasi).

Fase Diam	Kolom C_{18} (Non-polar).
Fase Gerak	Campuran Metanol/Asetonitril dengan dapar fosfat.
Detektor	UV pada 254 nm atau 280 nm.

14.3 ASAM KARBOKSILAT

Analisis Kualitatif Golongan Asam Karboksilat

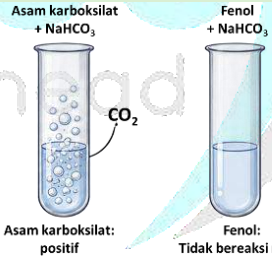
Uji Keasaman (Lakmus)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Asam karboksilat bersifat asam lemah, memerahkan lakmus biru, dengan pKa sekitar 4–5.

Uji Pelepasan CO_2 (Uji Natrium Bikarbonat)

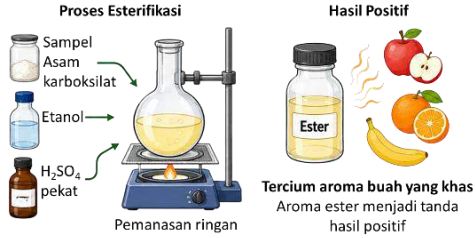


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

$$R-COOH + NaHCO_3 \rightarrow R-COONa + H_2O + CO_2\uparrow$$

Uji spesifik untuk bedakan asam karboksilat dari fenol. Asam karboksilat bereaksi dengan $NaHCO_3$ 5% hasilkan gelembung gas karbon dioksida.

Pembentukan Ester (Esterifikasi)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

$$R-COOH + R'-OH \xrightarrow{H^+} R-COOR' + H_2O$$

Asam karboksilat membentuk ester beraroma buah saat direaksikan dengan alkohol dan H_2SO_4 pekat.

Uji Feri Klorida ($FeCl_3$)

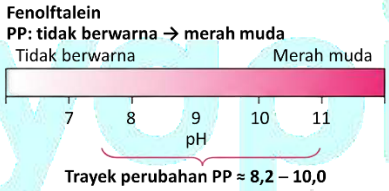


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Beberapa asam karboksilat memberikan warna spesifik dengan $FeCl_3$.

Analisis Kuantitatif Golongan Asam Karboksilat

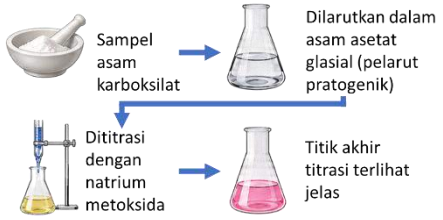
Metode Titrasi Alkalimetri



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

fenolftalein (PP) sering digunakan karena trayek pH-nya sesuai dengan titik ekivalen garam asam lemah-basa kuat.

Titrasi Bebas Air (TBA)



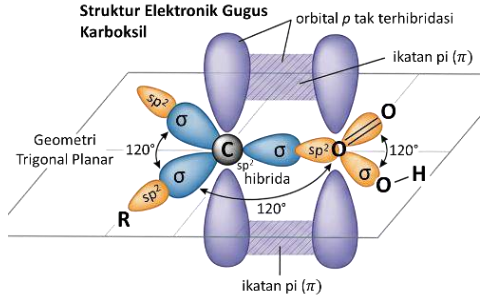
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pelarut	Digunakan pelarut protogenik.
Titran	Natrium metoksida atau Litium metoksida.
Tujuan	Tingkatkan reaktivitas asam lemah agar titik akhir titrasi terlihat jelas.

Metode Instrumentasi

HPLC (KCKT)	Untuk penetapan kadar obat dalam sediaan tablet atau sirup dengan akurasi tinggi.
Spektro-fotometri IR	Identifikasi serapan khas bilangan gelombang 1700-1725 cm^{-1} untuk gugus C=O dan serapan lebar 2500-3300 cm^{-1} untuk gugus -OH

Struktur dan Ikatan dalam Asam Karboksilat



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Gemini), modifikasi

Struktur Elektronik Gugus Karboksil

Gugus karboksil memiliki geometri planar. Karbon karboksilat menggunakan hibridisasi sp^2, yang berarti ketiga orbital hibrida membentuk bidang datar dengan sudut ikatan sekitar 120°.

Resonansi dan Delokalisasi Elektron

$$R-COOH \rightleftharpoons [R-COO]^- + H^+$$

Sifat paling krusial dari struktur asam karboksilat adalah stabilitas resonansinya. Elektron pada oksigen hidroksil dapat didelokalisasi ke arah oksigen karbonil.

Ikatan Hidrogen dan Dimerisasi

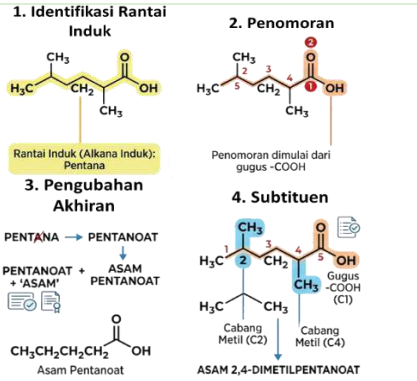
1.	Bentuk ikatan hidrogen antarmolekul kuat.
2.	Dalam bentuk murni/non-polar, membentuk dimer siklik.
3.	Dimer tersusun dari dua molekul dengan dua ikatan hidrogen.
4.	Ikatan hidrogen meningkatkan titik didih.
5.	Dimerisasi meningkatkan lipofilisitas obat.
6.	Lipofilisitas bantu penetrasi membran biologis.

Sifat Asam-Basa dan Pengaruh Substituen

Gugus Penarik Elektron	Gugus ini menarik kerapatan elektron menjauhi gugus karboksil, menstabilkan muatan negatif pada anion, hingga perkuat keasaman.
Gugus Pendorong Elektron	Seperti gugus alkil ($-CH_3$). Ini mendestabilisasi anion, sehingga memperlemah keasaman (menaikkan pKa).

Tata Nama Asam Karboksilat

Sistem Tata Nama IUPAC



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Gemini), modifikasi

A. Asam Karboksilat Alifatik Rantai Terbuka

Langkah-langkah penamaan	
Identifikasi Rantai Induk	Cari rantai karbon terpanjang yang mencakup atom karbon dari gugus -COOH.
Penomoran	Karbon pada gugus -COOH selalu diberi nomor 1.
Pengubahan Akhiran	Akhiran "-a" pada alkana induk diganti dengan akhiran "-oat" dan didahului dengan kata "Asam".
Substituen	Cabang atau gugus fungsi lain diidentifikasi berdasarkan nomor posisinya pada rantai induk.

B. Asam Karboksilat dengan Ikatan Rangkap

Jika terdapat ikatan rangkap, akhiran "-anoat" berubah menjadi "-enoat" (untuk ikatan rangkap dua) atau "-inoat" (untuk ikatan rangkap tiga). Posisi ikatan rangkap harus dinyatakan dengan angka.

Tata Nama Sistem Trivial (Nama Umum)

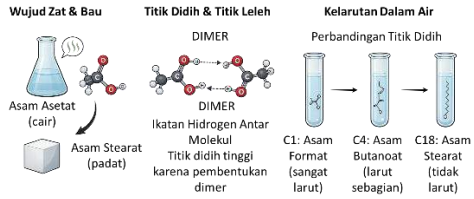
Berbeda dengan IUPAC yang menggunakan angka (1, 2, 3...), nama trivial menggunakan huruf Yunani (α, β, γ, δ) untuk menunjukkan posisi substituen.

Tata Nama Asam Siklik dan Aromatik

Jika gugus -COOH terikat pada sebuah cincin, penamaannya mengikuti aturan khusus	
Asam Karboksilat Siklik	Senyawa -COOH pada cincin non-aromatik dinamai dengan akhiran -karboksilat, dan karbon pengikat -COOH diberi nomor 1.
Asam Karboksilat Aromatik	Asam aromatik sederhana; penomoran dimulai dari -COOH, dengan posisi substituen ortho, meta, atau para.

(Kemenkes RI, 2020)

Sifat-sifat Asam Karboksilat



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Gemini), modifikasi

Sifat Fisika Asam Karboksilat

Sifat-sifat senyawa ini ditentukan oleh gugus karboksil (-COOH), yang memberikan karakter asam dan kemampuan interaksi molekuler yang kuat.

Wujud dan Aroma	Wujud: C1–C9 cair, suku tinggi padat seperti lilin. Aroma: suku rendah berbau tajam/menyengat dan dapat menjadi indikator organoleptis.
Titik Didih dan Leleh	mampu membentuk ikatan hidrogen kuat/dimer.
Kelarutan	Suku rendah: sangat larut air (membentuk ikatan hidrogen). Suku tinggi: kurang larut air, tapi larut dalam pelarut organik.

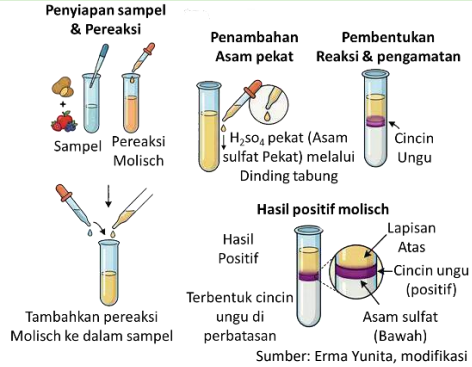
Sifat Kimia dan Reaktivitas

Keasaman *(Acidity)*	Semakin kecil nilai pKa, semakin kuat asam tersebut.
Pembentukan Garam	Asam karboksilat bereaksi pada basa bentuk garam larut dalam air.
Reaksi Substitusi Nukleofilik Asil	Gugus -OH pada asam karboksilat dapat digantikan oleh gugus lain untuk membentuk turunan asam

14.4 GOLONGAN KARBOHIDRAT

Analisis Kualitatif

Reaksi Pembentukan Warna (Uji Umum)



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Prosedur: Sampel + Pereaksi Molisch (5% α-naftol dalam etanol) ditambahkan H_2SO_4 pekat melalui dinding tabung. Cincin ungu di cairan menunjukkan hasil positif.

Uji Diferensiasi Berdasarkan Sifat Reduksi

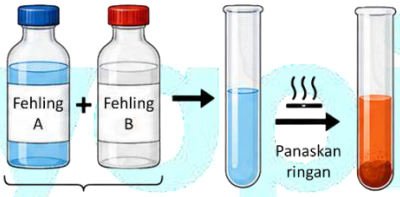
A. Uji Benedict dan Fehling



Gradien hasil positif (intensitas meningkat)
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pereaksi mengandung kupri sulfat ($CuSO_4$). Ion Cu^{2+} akan direduksi menjadi Cu^+ yang mengendap sebagai Cu_2 berwarna merah bata.

B. Uji Barfoed

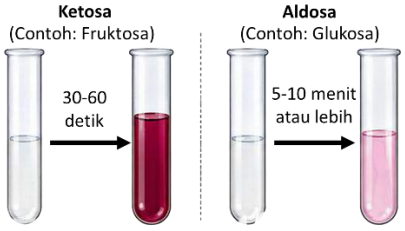


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Monosakarida cepat membentuk endapan merah, sedangkan disakarida perlukan pemanasan lebih lama.

Uji Diferensiasi Berdasarkan Struktur Gula

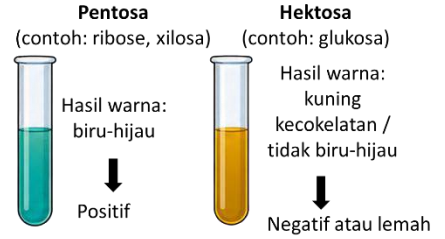
A. Uji Seliwanoff (Ketosa vs Aldosa)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Prinsipnya adalah dehidrasi ketosa (seperti fruktosa) oleh HCl pekat menghasilkan 4-hidroksimetilfurfural yang bereaksi dengan resorsinol menghasilkan warna merah ceri. Ketosa bereaksi jauh lebih cepat daripada aldosa.

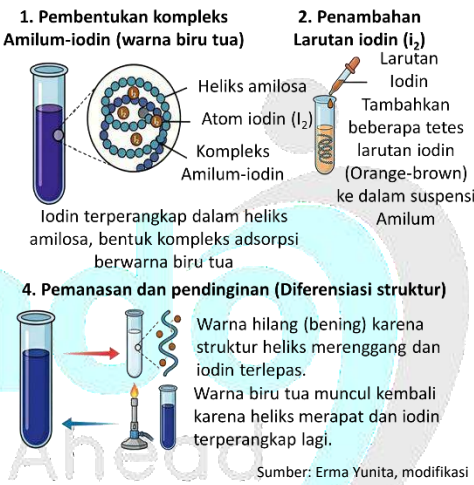
B. Uji Bial (Pentosa vs Heksosa)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Mengidentifikasi gula pentosa. Pentosa bereaksi dengan orsinol dan feri klorida dalam HCl hasil warna biru-hijau.

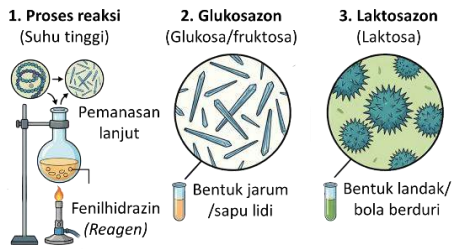
Analisis Polisakarida (Amilum)



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Uji iodin mengidentifikasi amilum melalui warna biru tua akibat kompleks iodin-amilosa; warna hilang saat dipanaskan dan muncul kembali saat didinginkan.

Identifikasi Mikroskopis dan Bentuk Kristal (Osazon)



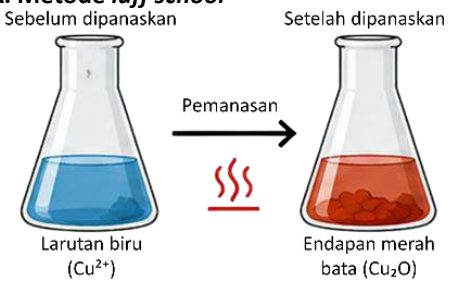
Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Reaksi antara karbohidrat dengan fenilhidrazin pada suhu tinggi akan membentuk fenilosazon yang memiliki bentuk kristal khas di bawah mikroskop.

Analisis Kuantitatif

Metode Titrimetri

A. Metode *luff school*



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Untuk menetapkan kadar gula pereduksi. Prinsipnya, gula mereduksi Cu^{2+} menjadi Cu^{+} dalam suasana basa, lalu sisa Cu^{2+} dititrasi dengan natrium tiosulfat menggunakan indikator amilum.

B. Metode lane-eynon

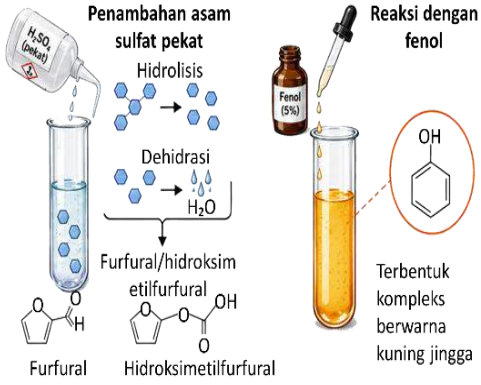


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Untuk menetapkan gula pereduksi berdasarkan volume larutan gula yang mereduksi pereaksi Fehling. Titik akhir ditandai hilangnya warna biru dan terbentuk warna merah bata dengan indikator metilen biru.

Analisis Polisakarida (Amilum)

A. Metode Fenol-Asam Sulfat



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Karbohidrat diuji dengan metode fenol-asam sulfat, menghasilkan warna kuning jingga yang diukur sekitar 490 nm.

B. Metode Nelson-Somogyi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

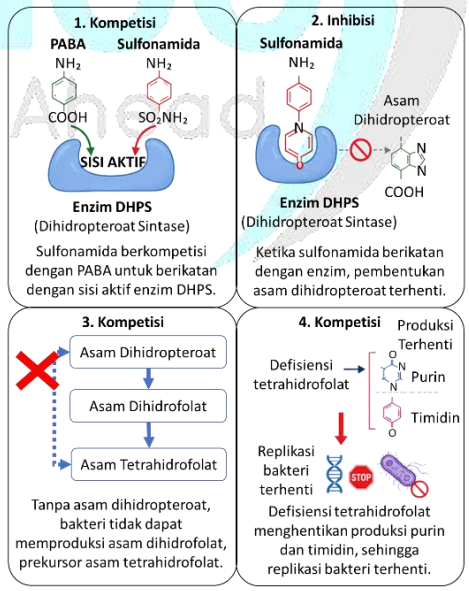
Metode sensitif untuk gula pereduksi rendah, menghasilkan kompleks biru kehijauan yang diukur pada λ 500–520 nm.

Metode Kromatografi (HPLC)

Fase Diam	Kolom penukar ion atau kolom fase terbalik khusus sakarida.
Detektor	RID umum digunakan untuk analisis karbohidrat karena sebagian besar karbohidrat tidak menyerap UV secara signifikan.

14.5 GOLONGAN SULFONAMIDA

Mekanisme Kerja



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

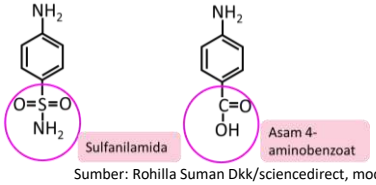
Jalur Biosintesis Asam Dihidropteroat

Bakteri menyintesis asam dihidropteroat menggunakan bahan baku PABA, pteridin, dan bantuan enzim Dihidropteroat Sintetase (DHPS).

Tahap Penghambatan

Kompetisi	Sulfonamida berkompetisi dengan PABA untuk berikatan dengan sisi aktif enzim DHPS.
Inhibisi	Ketika sulfonamida berikatan dengan enzim, pembentukan asam dihidropteroat terhenti.
Dampak Sistemik	Tanpa asam dihidropteroat, bakteri tidak dapat memproduksi asam dihidrofolat, merupakan prekursor asam tetrahidrofolat.
Kegagalan Sintesis DNA	Defisiensi tetrahidrofolat hentikan produksi purin dan timidin, sehingga replikasi bakteri terhenti.

Penggolongan Sulfonamida



Sumber: Rohilla Suman Dkk/sciencedirect, modifikasi

Sulfonamida merupakan kelompok senyawa organik sintetik mengandung gugus fungsi sulfonamida (-SO_2NH_2).

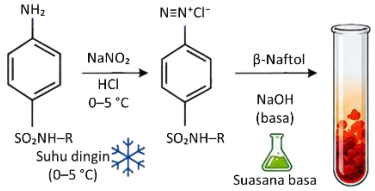
Berdasarkan Durasi Kerja (Farmakokinetik)	
Sulfonamida Kerja Singkat	Obat dalam kelompok ini memiliki waktu paruh eliminasi kurang dari 10 jam.
Sulfonamida Kerja Sedang	Memiliki waktu paruh antara 10 hingga 24 jam.
Sulfonamida Kerja Lama	Miliki waktu paruh lebih dari 24 jam, atau beberapa hari.

Berdasarkan Lokasi Kerja (Terapeutik)	
Sulfonamida Saluran Kemih	Cepat diserap secara oral tapi diekskresikan dalam bentuk aktif tinggi di urine.
Sulfonamida Saluran Cerna	Dirancang tidak diserap oleh usus, hingga konsentrasinya tinggi di lumen usus untuk mengatasi infeksi local/persiapan bedah.
Sulfonamida Topikal	Digunakan langsung pada kulit atau membran mukosa.

Analisis Kualitatif (Identifikasi)

Reaksi Warna dan Pengendapan

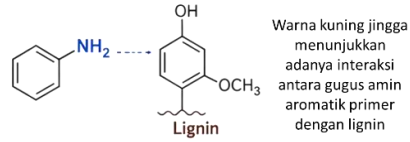
A. Reaksi Diazo



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sulfonamida yang memiliki gugus amin aromatik primer bebas akan membentuk garam diazonium dengan asam nitrit pada suhu dingin.

B. Uji Korek Api



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sampel yang dilarutkan dalam HCl encer diteteskan pada kertas koran atau batang korek api kayu (yang mengandung lignin). Hasil positif ditunjukkan dengan munculnya warna kuning jingga.

C. Reaksi Pereaksi Roux



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Memberikan warna yang spesifik untuk setiap jenis sulfonamida.

D. Uji Kristal

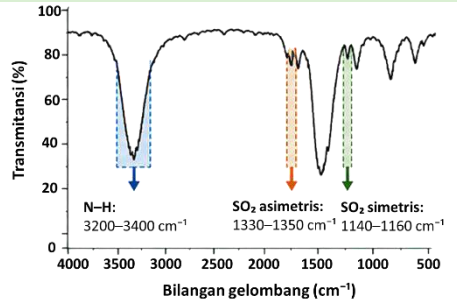
Contoh bentuk kristal yang diamati di bawah mikroskop:



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Penambahan asam pikrat atau aseton-air pada sampel akan membentuk kristal dengan bentuk geometri yang khas yang dapat diamati di bawah mikroskop.

Analisis Fisikokimia

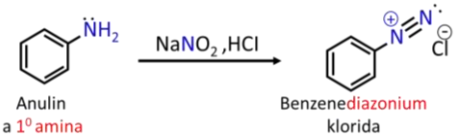


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Analisis Fisikokimia	
Titik Lebur	Setiap jenis sulfonamida memiliki rentang titik lebur yang sempit dan spesifik
Spektroskopi Inframerah	Identifikasi gugus fungsi spesifik seperti serapan SO_2 serta serapan N-H

Analisis Kuantitatif

Metode Nitrimetri (Titrasi Diazotasi)



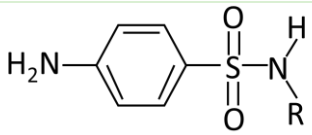
Sumber: Dr. S. Gevorg/chemistrysteps, modifikasi

Reaksi antara amina aromatik primer dengan natrium nitrit ($NaNO_2$) dalam suasana asam (HCl) membentuk garam diazonium.

Kondisi Reaksi	
Suhu	Harus dijaga rendah (di bawah 15°C) atau pada suhu kamar dengan penambahan katalis kalium bromida (KBr) untuk mencegah dekomposisi garam diazonium.
Keasaman	Membutuhkan konsentrasi HCl yang cukup untuk mencegah terbentuknya senyawa diazoamino.

Penentuan Titik Akhir	
Indikator Luar	Kertas kanji iodida (perubahan warna menjadi biru seketika).
Indikator Dalam	Campuran Tropaeolin OO dan Metilen Biru (perubahan warna dari ungu ke biru kehijauan).
Potensiometri	Gunakan elektroda kerja untuk deteksi perubahan potensial.

Metode Spektrofotometri UV-Vis

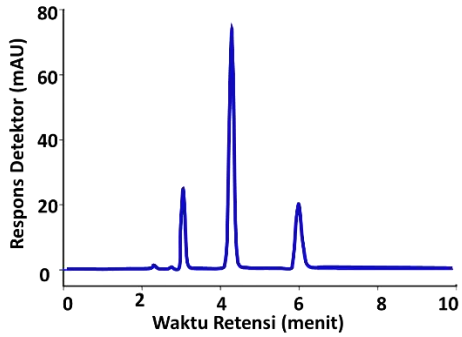


Sharma Bharti, dkk/International Journal of Biomaterials, modifikasi

Sulfonamida memiliki kromofor berupa cincin benzena yang terkonjugasi, sehingga memberikan serapan kuat pada daerah ultraviolet.

Langsung	Melarutkan sampel dalam pelarut yang sesuai (NaOH 0,1 N/Metanol) dan mengukur absorbansi pada λ_{maks} sekitar 250–280 nm.
Tidak Langsung	Sulfonamida didiazotasi kemudian dikopling dengan *N-(1-naphthyl) ethylenediamine* membentuk senyawa warna yang diukur pada daerah visibel (sekitar 540 nm)

Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi



Kromatogram HPLC dari campuran tiga komponen yang mengandung 2,00 mg mL^{-1} sulfanilamida (tR = 3,1), 10,00 mg mL^{-1} natrium sulfasetamida (tR = 4,3), dan 2,00 mg mL^{-1} dapsone (tR = 6,0) menggunakan fase gerak metanol-air (60:40, v/v) pH disesuaikan menjadi 5,0 dengan asam ortofosfat, pada laju alir 1,0 mL min^{-1} dan deteksi UV pada 273 nm.

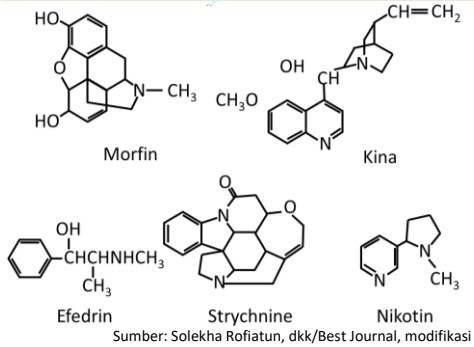
Sumber: Nariman A. El-Ragehy dkk (CC BY-NC 4.0), modifikasi

Digunakan terutama untuk analisis sulfonamida dalam sediaan kombinasi atau dalam matriks biologis.

Fase Diam	Biasanya C_{18} (Fase Terbalik).
Fase Gerak	Campuran dapar fosfat dan asetonitril/metanol.
Keuntungan	Presisi tinggi, dapat memisahkan pengotor dan zat degradasi secara simultan

14.6 GOLONGAN ALKALOID

Struktur Kimia dan Tata Nama



Sumber: Solekha Rofiatun, dkk/Best Journal, modifikasi

Sistem tata nama alkaloid tidak mengikuti aturan IUPAC karena strukturnya yang sangat kompleks. Sebagian besar nama alkaloid diakhiri dengan akhiran "-ina" (Indonesia)/"-ine" (Inggris).

Pemberian Nama	
Nama Genus	Atropin dari *Atropa belladonna.*
Nama Spesies	Kokain dari *Erythroxylum coca.*
Efek Fisiologis	Emetin (picu muntah/ emesis).
Nama Penemu	Pelletierine (menghormati kimiawan Pelletier).

Sifat-sifat Alkaloid



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sifat Fisika Alkaloid

Bentuk dan Keadaan Fisik	
Padatan Kristal	Alkaloid beroksigen umumnya berupa kristal padat tak berwarna dengan titik lebur tajam sebagai indikator kemurnian.
Cairan	Alkaloid tanpa oksigen umumnya cair, volatil, dan dapat dipisahkan dengan distilasi uap.
Warna	Beberapa alkaloid berwarna khas karena memiliki ikatan rangkap terkonjugasi panjang.

Kelarutan (Prinsip Dasar Ekstraksi)		
Bentuk	**Air**	**Pelarut Organik**
Basa Bebas	Tidak larut (Kecuali kafein, ephedrin)	Larut dengan baik
Garam	Larut dengan baik	Umumnya tidak larut

Aktivitas Optik	
Bersifat optis aktif	Dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi karena memiliki atom karbon asimetris (kiral).
Pengukuran rotasi jenis (α)	Gunakan polarimeter penting untuk bedakan isomer (bedakan efedrin dan pseudoefedrin)

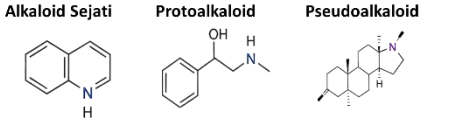
Sifat Kimia Alkaloid

Sifat Kebasaan	
Derajat Kebasaan (pKa)	Variasi keasaman/kebasaan sangat luas. Kafein bersifat basa sangat lemah, sedangkan efedrin bersifat basa kuat.
Pembentukan Garam	Sebagai senyawa basa, alkaloid bereaksi dengan asam (seperti HCl, H_2SO_4) membentuk garam stabil dan larut air.

Reaksi Pengendapan	
Pereaksi Mayer (K_2HgI_4)	Memberikan endapan putih atau krem.
Pereaksi Dragendorff ($KBiI_4$)	Berikan endapan jingga hingga merah bata.
Pereaksi Wagner (I_2/KI)	Memberikan endapan cokelat tua.

Reaksi Warna	
Pereaksi Marquis	Formaldehida dalam H_2SO_4 pekat. Untuk identifikasi alkaloid opium (Morfin memberi warna ungu).
Uji Mureksid	Digunakan untuk identifikasi alkaloid purin (Kafein).

Klasifikasi dan Penggolongan Alkaloid



Nitrogen dalam cincin heterosoklik | Nitrogen diluar cincin (rantai samping) | Kerangka terpenoid/ steroid (N masuk kemudian)

Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Berdasarkan Asal-Usul Biogenetik

Alkaloid Sejati	Senyawa yang memiliki atom nitrogen di dalam cincin heterosiklik dan berasal dari asam amino.
Protoal-kaloid	Mengandung nitrogen tetapi atom nitrogen tersebut tidak terletak di dalam cincin heterosiklik.
Pseudoal-kaloid	Senyawa yang memiliki karakteristik alkaloid (basa dan mengandung nitrogen), namun nitrogennya tidak berasal dari asam amino.

Berdasarkan Struktur Inti Kimia

Golongan Non-Heterosiklik (Alkaloid Amina)

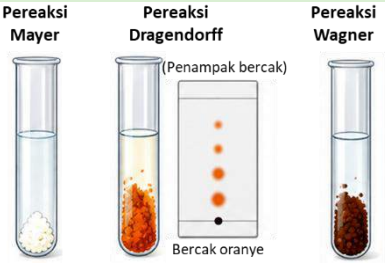
Struktur utamanya tidak memiliki cincin nitrogen. Contoh: Efedrin, Kolkisina.

Golongan Heterosiklik

Golongan	Karakteristik	Contoh Senyawa
Pirolidin	Cincin jenuh beranggota 5	Higrin
Piridin-Piperidin	Cincin beranggota 6	Nikotin, Arekolin, Koniin
Tropan	Kondensasi pirolidin dan piperidin	Atropin, Skopolamin, Kokain
Kuinolin	Inti benzopiridin	Kuinin, Kuinidin
Isokuinolin	Isomer dari kuinolin	Morfin, Kodein, Papaverin
Indol	Cincin benzen terkondensasi pirol	Reserpin, Ergometrin
Imidazol	Cincin 2 atom nitrogen	Pilokarpin
Purin	Inti pirimidin-imidazol	Kafein, Teofilin, Teobromin

Analisis Kualitatif Alkaloid

Reaksi Pengendapan Umum

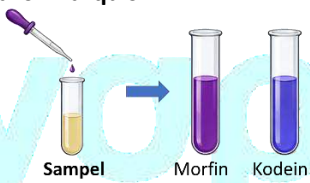


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Pereaksi Mayer	Kalium Merkuri Iodida, Memberikan endapan putih/krem.
Pereaksi Dragen-dorff	Kalium Bismut Iodida, berikan endapan jingga hingga merah bata.
Pereaksi Wagner	Iodium-Kalium Iodida, berikan endapan cokelat tua

Reaksi Warna Spesifik

A. Reaksi Marquis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

(Campuran formaldehida dan asam sulfat pekat). Digunakan untuk identifikasi golongan opium; Morfin memberikan warna ungu, sedangkan Kodein memberikan warna biru-ungu.

B. Uji Mureksid

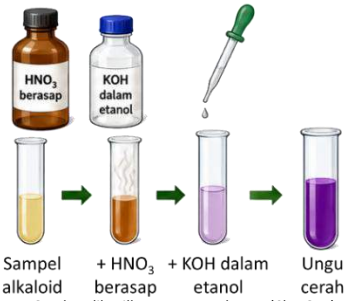
1. Sampel dipanaskan dengan $KClO_3$ dan HCl
2. Diberi uap amonia
3. Hasil warna ungu



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Spesifik untuk alkaloid purin (Kafein, Teofilin). Sampel dipanaskan dengan KClO3 dan HCl, kemudian diberi uap amonia hingga terbentuk warna ungu.

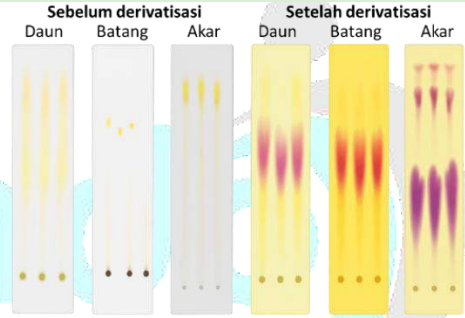
C. Reaksi Vitali-Morin



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Spesifik untuk golongan tropan (Atropin, Skopolamin). Berikan warna ungu cerah setelah penambahan HNO_3 berasap dan KOH dalam etanol.

Analisis dengan Kromatografi Lapis Tipis



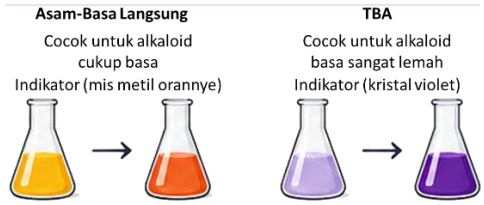
Kromatografi lapis tipis (TLC) untuk mendeteksi alkaloid dalam ekstrak metanol daun, batang, dan akar Thalictrum javanicum (Perbandingan Kloroform: Metanol: Air untuk daun 1:0,8:0,4, untuk batang 1:0,7:0,2, dan untuk akar 1:0,6:0,2).

Sumber: Gurunathan Abinaya dan Paulsamy (CC BY-NC 4.0), modifikasi

Fase Diam	Silika Gel GF_{254}.
Fase Gerak	Campuran pelarut organik seperti Kloroform:Metanol atau Etil Asetat:Metanol dengan penambahan sedikit amonia untuk menjaga alkaloid dalam bentuk basa bebas.
Deteksi	Pengamatan di bawah lampu UV 254 nm dan 366 nm, dilanjutkan dengan penyemprotan pereaksi Dragendorff.

Analisis Kuantitatif

Metode Titrimetri



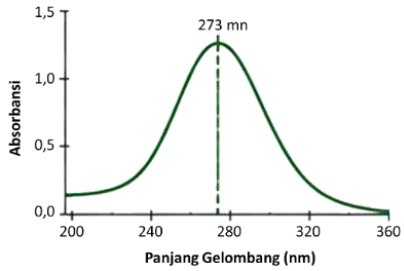
Perubahan warna pada titik akhir

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode Titrimetri	
Titrasi Asam-Basa (Langsung)	Alkaloid yang bersifat cukup basa dilarutkan dalam alkohol dan dititrasi dengan asam standar (HCl atau H_2SO_4)
Titrasi Bebas Air (TBA)	Alkaloid basa lemah dianalisis dengan titrasi bebas air karena titrasi air kurang tajam; digunakan asam asetat glasial, titran $HClO_4$, dan indikator kristal violet.

Metode Spektrofotometri UV-Vis

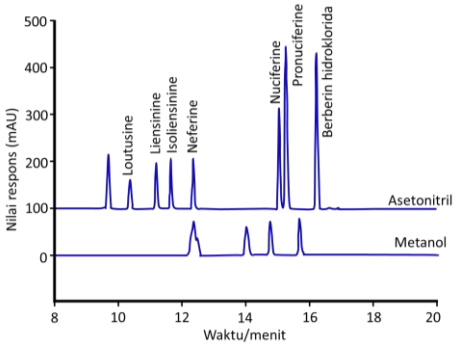
Contoh: Penetapan Kadar Kafein pada λ 273 nm



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Metode Spektrofotometri UV-Vis	
Contoh	Penetapan kadar kafein dalam tablet dapat dilakukan pada panjang gelombang (λ) 273 nm.
Metode Kolorimetri	Alkaloid direaksikan dengan pereaksi pembentuk warna untuk membentuk kompleks berwarna yang dapat diukur pada daerah sinar tampak.

Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi

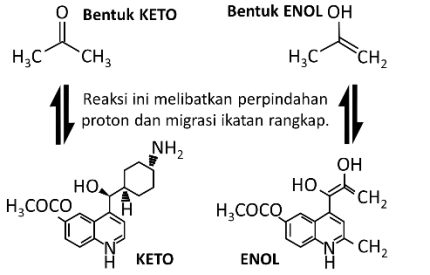


Sumber: Feifei Zhong dkk/mdpi, modifikasi

Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi	
Prinsip	Pemisahan komponen berdasarkan perbedaan afinitas antara fase diam (biasanya kolom C18) dan fase gerak (dapar dan pelarut organik).
Detektor	Detektor *Photo Diode Array* (PDA) memungkinkan analisis kemurnian puncak dan identifikasi simultan berdasarkan spektrum UV

14.7 GOLONGAN BARBITURAT

Sifat Fisikokimia



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Tautomerisme keto-enol	Barbiturat berbentuk keto dalam padatan, tetapi dapat berubah menjadi enol dalam larutan basa sehingga membentuk garam larut air.
Sifat asam-basa	Barbiturat termasuk asam lemah dengan pKa 7,2–8,3 karena proton pada gugus imida dapat lepas
Kelarutan	Asam bebas sukar larut air tetapi larut dalam pelarut organik, sedangkan garam natriumnya sangat larut air.

Klasifikasi berdasarkan Durasi Kerja

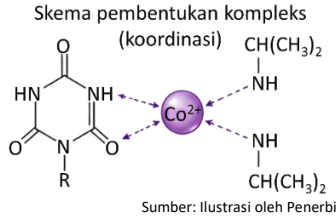
Klasifikasi Terapeutik	Durasi Efek Klinis	Waktu Paruh Eliminasi	Contoh Senyawa Utama
Kerja lama *(long-acting)*	> 6 jam	24–120 jam	Fenobarbital, Barbital
Kerja sedang *(intermediate -acting)*	3–6 jam	18–48 jam	Amobarbital, Butabarbital
Kerja singkat *(short-acting)*	< 3 jam	15–30 jam	Pentobarbital, Sekobarbital
Kerja sangat singkat *(ultra-short-acting)*	3–8 menit	Cepat; efek segera hilang akibat redistribusi	Tiopental, Tiamilal, Meksobarbital

Analisis Kualitatif Golongan Barbiturat

Reaksi Warna Spesifik

A. Reaksi Zwikker (Parri)

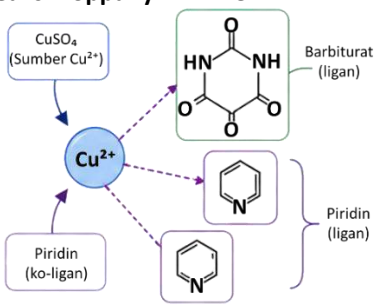
Skema pembentukan kompleks (koordinasi)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Reaksi yang paling umum untuk identifikasi golongan barbiturat. Sampel dilarutkan dalam metanol, ditambahkan larutan kobalt klorida ($CoCl_2$) dan isopropilamina. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya warna ungu atau violet yang stabil. Reaksi ini didasarkan pada pembentukan kompleks koordinasi antara ion logam dengan atom nitrogen pada cincin barbiturate.

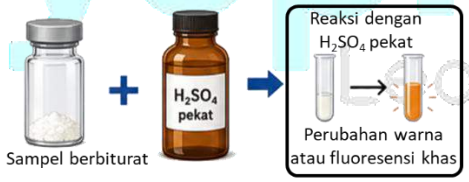
B. Reaksi Koppanyi-Zwikker



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Menggunakan tembaga sulfat ($CuSO_4$) dan piridin. Menghasilkan warna merah-violet yang khas.

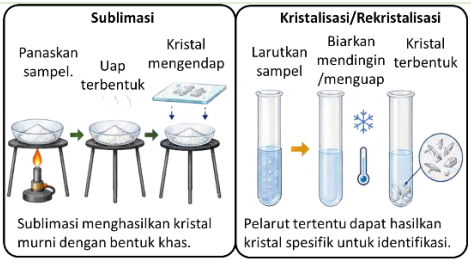
C. Reaksi dengan H_2SO_4 Pekat



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Beberapa barbiturat tertentu memberikan warna atau fluoresensi spesifik saat direaksikan dengan asam sulfat pekat (misalnya Fenobarbital memberikan warna jingga yang berubah menjadi cokelat).

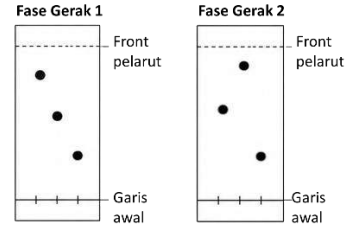
Uji Mikroskopik (Sublimasi dan Kristalisasi)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Barbiturat memiliki bentuk kristal yang khas jika direkristalisasi dari pelarut tertentu atau setelah sublimasi. Pengamatan bentuk kristal (seperti bentuk jarum/lempeng) di bawah mikroskop dapat menjadi alat identifikasi sangat spesifik.

Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

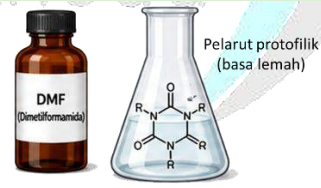


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Fase Diam	Silika Gel GF_{254} (yang mengandung indikator fluoresensi).
Fase Gerak	Campuran kloroform: aseton (9:1) atau isopropanol:kloroform:amonia pekat (45:45:10).
Deteksi	Bercak dapat dilihat di bawah lampu UV pada 254 nm karena sistem konjugasi pada cincin barbiturat memadamkan fluoresensi latar belakang.

Analisis Kuantitatif Golongan Barbiturat

Titrasi Bebas Air (TBA)

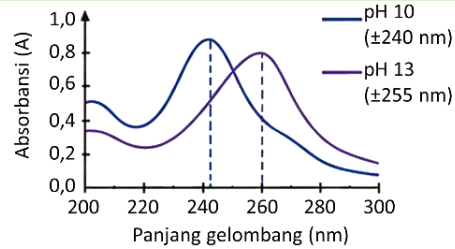


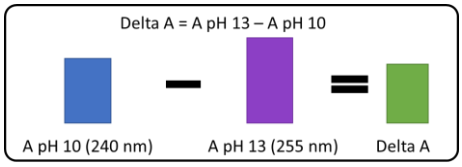
Barbiturat–H + CH_3O^- → Barbiturat$^-$ + CH_3OH

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Titran	Natrium metoksida atau Litium metoksida dalam metanol-benzena.
Indikator	Timol biru atau biru azo

Metode Spektrofotometri UV (Diferensial)

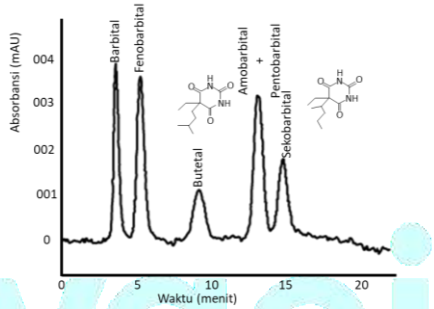




Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Pada pH 10	Menunjukkan serapan maksimum (λ_{max}) pada ±240 nm (monanion).
Pada pH 13	Menunjukkan serapan maksimum (λ_{max}) pada ±255 nm (dianion).
Prinsip Diferensial	Selisih absorbansi (Delta A) antara dua pH berbeda digunakan untuk menghitung kadar.

Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



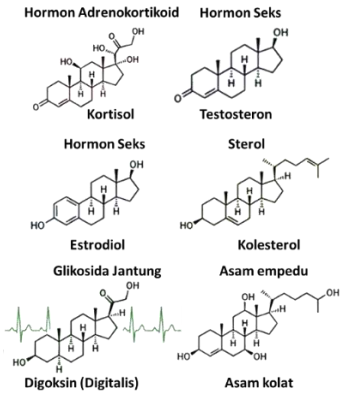
Kromatogram yang diperoleh dengan mikrokolom ODS dan gradien bertahap: penahanan 0–5 menit pada MeOH–buffer (25:75); 5–8 menit dari kondisi awal ke MeOH–buffer (60:40); penahanan 8–16 menit pada MeOH–buffer (60:40); laju aliran pompa: 500 mL/menit; 15220 nm; 50 mg/mL.

Sumber: P. Fernandez dkk/J. Chromatogr. A 870, modifikasi

Fase Diam	Kolom C18 (Fase Terbalik).
Fase Gerak	Campuran dapar fosfat (pH 3-4) dan asetonitril atau metanol.
Detektor	UV pada 210-220 nm

14.8 GOLONGAN STEROID

Klasifikasi Steroid



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Klasifikasi berdasarkan fungsi biologis mudahkan pemahaman mengenai aktivitas farmakologi dan target terapinya.

Hormon Adrenokortikoid (Kortikosteroid)	
Glukokortikoid	Mengatur metabolisme karbohidrat dan miliki efek anti-inflamasi yang kuat.
Mineral-okortikoid	Mengatur keseimbangan elektrolit dan air.

Hormon Seks	
Androgen	Hormon laki-laki. (testosteron).
Estrogen	Hormon perempuan. (estradiol, estron).
Progestin	Terlibat dalam siklus menstruasi dan kehamilan (progesteron).

Sterol (Alkohol Steroid)	
Zoosterol	Kolesterol (pada hewan).
Fitosterol	Sitosterol, stigmasterol (tumbuhan).
Mikosterol	Ergosterol (pada jamur).

Glikosida Jantung	
1.	Steroid yang memiliki gugus gula dan cincin lakton pada C-17.
2.	Digunakan untuk pengobatan gagal jantung. Contoh: Digoksin (dari Digitalis lanata), Digitoksin.

Asam Empedu
Senyawa polar yang membantu emulsifikasi lemak di usus. Contoh: Asam Kolat, Asam Deoksikolat.

Analisis Kualitatif Golongan Steroid

Uji Reaksi Warna

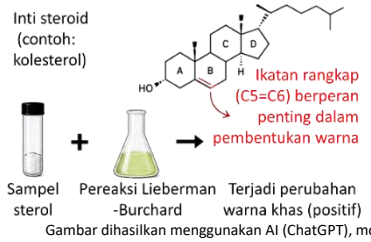
A. Reaksi Salkowski



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Steroid dilarutkan dalam kloroform dan ditambahkan asam sulfat pekat melalui dinding tabung. Terbentuknya warna merah pada lapisan kloroform dan fluoresensi hijau pada lapisan asam menunjukkan adanya inti steroid.

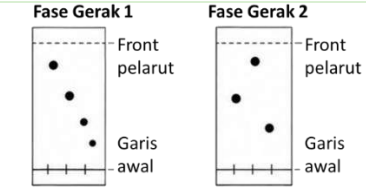
B. Reaksi Liebermann-Burchard



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode ini sangat sensitif untuk sterol tak jenuh. Perubahan warna dari merah, violet, biru, hingga hijau gelap merupakan indikator positif.

Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

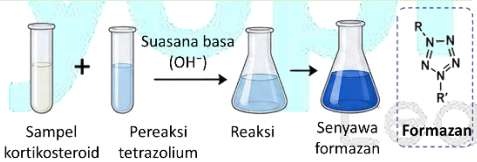


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Fase Diam	Silika gel GF_{254}
Fase Gerak	Campuran Kloroform:Metanol (9:1) atau Kloroform:Dietilamina.
Penampak Bercak	Larutan asam sulfat 10% dalam etanol, diikuti pemanasan pada 105°C hingga muncul bercak warna di bawah lampu UV 366 nm

Analisis Kuantitatif Golongan Steroid

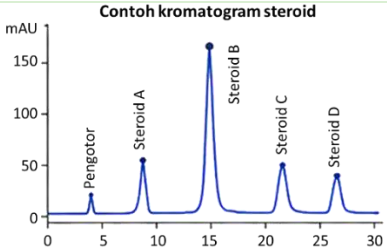
Spektrofotometri UV-Vis



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Steroid yang memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi menunjukkan serapan maksimum pada daerah 230–250 nm. Metode Biru Tetrazolium: kortikosteroid direaksikan dengan tetrazolium biru dalam suasana basa menghasilkan senyawa formazan berwarna biru yang diukur pada λ 525 nm. Metode ini spesifik untuk rantai samping α-ketol.

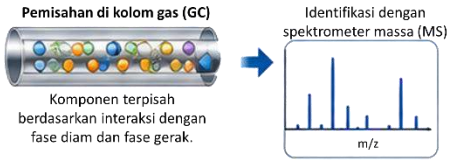
Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Detektor	UV-Vis (PDA) pada panjang gelombang spesifik senyawa
Kelebihan	Mampu memisahkan steroid dari produk degradasinya dan eksipien sediaan krim atau tablet.

Analisis Kromatografi Gas (GC-MS)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

GC-MS steroid	Digunakan untuk steroid volatil atau setelah derivatisasi.
Aplikasi	Penting untuk analisis doping dan pemantauan hormon dalam urine.

14.9 GOLONGAN ANTIBIOTIKA

Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Golongan Beta-laktam

Analisis Kualitatif (Identifikasi)

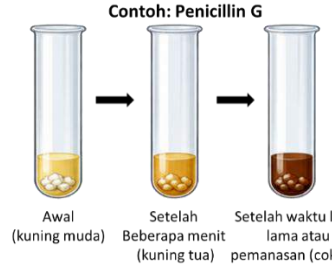
A. Reaksi Hidroksamat – Reaksi Warna dan Kimia



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Cincin beta-laktam bereaksi dengan hidroksilamin (NH_2OH) dalam suasana basa membentuk asam hidroksamat. Setelah penambahan Besi (III) klorida ($FeCl_3$) dalam suasana asam, terbentuk kompleks besi hidroksamat yang berwarna merah-ungu.

B. Reaksi dengan Asam Sulfat (H_2SO_4) – Reaksi Warna dan Kimia

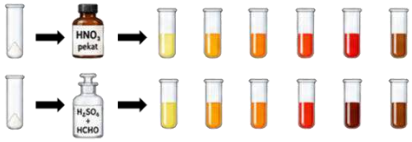


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Penambahan asam sulfat pekat pada kristal penisilin dapat menghasilkan berbagai warna (misalnya Penisilin G memberikan warna kuning ke cokelat) yang berubah seiring waktu atau pemanasan.

C. Reaksi Identifikasi Sefalosporin – Reaksi Warna dan Kimia

Perubahan Warna Spesifik



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

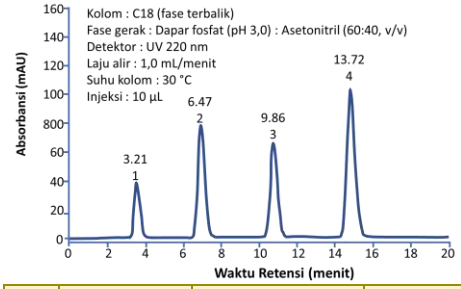
Sefalosporin dapat dibedakan dengan penisilin melalui reaksi dengan asam nitrat (HNO_3) pekat atau formaldehida dalam asam sulfat yang memberikan perubahan warna spesifik untuk tiap jenis sefalosporin.

D. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Fase Diam	Silika Gel GF254.
Fase Gerak	Campuran asetonitril : air atau metanol : kloroform.
Deteksi	Semprot dengan larutan iodium atau amilum-iodida setelah hidrolisis basa.

Analisis Kuantitatif (Penetapan Kadar)

A. Metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



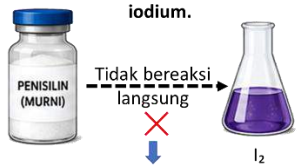
No	Senyawa	Waktu Retensi (menit)	Area (mAU·s)
1	Penisilin G	3.21	12345
2	Ampisilin	6.47	25680
3	Sefazolin	9.86	19875
4	Sefotaksim	13.72	31245

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

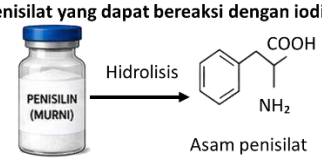
Prinsip	Pemisahan menggunakan kolom fase terbalik (C18).
Fase Gerak	Campuran dapar fosfat (pH 3-7) dan pelarut organik (asetonitril/metanol).
	pH dapar sangat kritis untuk mencegah degradasi selama analisis.
Detektor	UV pada panjang gelombang 220–254 nm

B. Metode Titrimetri (Iodometri)

Penisilin tidak bereaksi langsung dengan iodium.



Setelah dihidrolisis, akan menghasilkan asam penisilat yang dapat bereaksi dengan iodium.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sampel dihidrolisis dengan basa (NaOH), kemudian direaksikan dengan iodium berlebih dalam suasana asam. Sisa iodium dititrasi kembali dengan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$)

C. Spektrofotometri UV-Vis

Metode ini kurang spesifik jika terdapat produk degradasi, karena senyawa pengotor/degradasi juga dapat menyerap pada daerah UV.



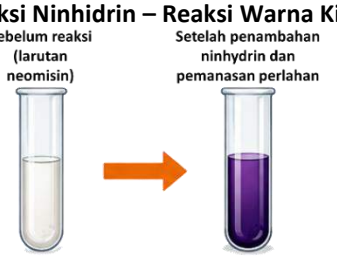
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Untuk sediaan yang relatif murni. Beberapa sefalosporin memiliki serapan UV yang kuat karena adanya konjugasi cincin beta-laktam dengan cincin dihidrotiazin. Namun, metode ini kurang spesifik jika terdapat produk degradasi.

Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Golongan Neomisin

Analisis Kualitatif (Identifikasi)

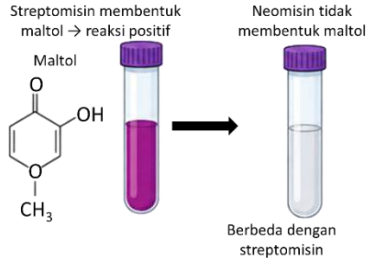
A. Reaksi Ninhidrin – Reaksi Warna Kimia



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Karena neomisin memiliki gugus amina primer, penambahan pereaksi ninhidrin dalam metanol dan pemanasan hasilkan warna biru hingga ungu gelap.

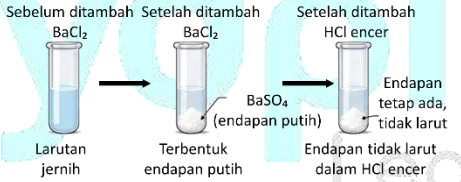
B. Reaksi Maltol – Reaksi Warna Kimia



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Meskipun neomisin bukan golongan streptomisin, uji degradasi asam sering dilakukan untuk membedakan aminoglikosida satu dengan yang lain. Neomisin tidak membentuk maltol, berbeda dengan streptomisin.

C. Reaksi Pengendapan Sulfat – Reaksi Warna Kimia



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Neomisin umumnya tersedia sebagai garam sulfat. Penambahan Barium Klorida ($BaCl_2$) pada larutan sampel akan menghasilkan endapan putih barium sulfat yang tidak larut dalam asam klorida encer.

D. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

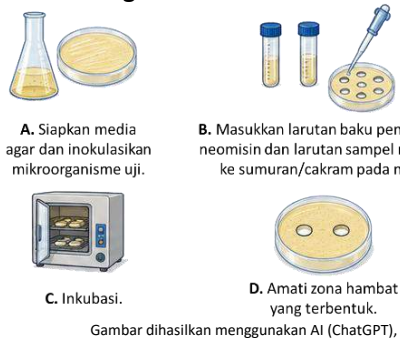


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Fase Diam	Silika gel yang diaktivasi.
Fase Gerak	Campuran metanol :amonia : kloroform (pelarut polar lainnya).
Visualisasi	Karena neomisin tidak menyerap cahaya UV, bercak dideteksi dengan penyemprotan larutan ninhidrin diikuti pemanasan pada suhu 110°C

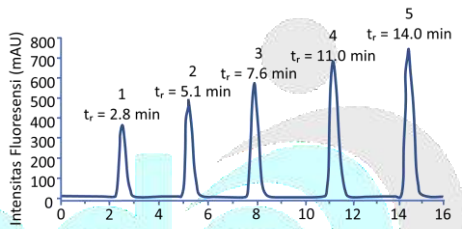
Analisis Kuantitatif (Penetapan Kadar)

A. Metode Penetapan Potensi Mikrobiologi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

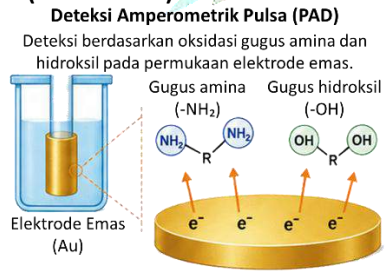
B. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) dengan Derivatisasi



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Derivatisasi Pre-kolom	Sampel direaksi dengan pereaksi seperti o-*phthalaldehyde* atau 9-*fluorenylmethyl chloroformate* sebelum diinjeksikan ke kolom.
Fase Diam	Kolom C18 (Fase Terbalik).
Detektor	Detektor Fluoresensi berikan sensitivitas yang sangat tinggi

C. HPLC dengan Detektor Amperometrik Pulsa (HPAEC-PAD)

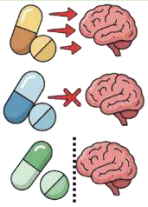


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode tidak memerlukan derivatisasi. Neomisin dipisahkan menggunakan kolom penukar ion dan dideteksi berdasarkan oksidasi gugus amina dan hidroksil pada permukaan elektroda emas. Sangat akurat untuk bedakan komponen Neomisin B dan C.

14.10 GOLONGAN ANTIHISTAMIN

Pengelompokan Antihistamin



Memiliki efek antikolinergik kuat

Profil keamanan lebih baik

Potensi tinggi, sedikit interaksi obat

Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Generasi Pertama (Sedatif)

Antihistamin generasi pertama dikenal sebagai "antihistamin sedatif" karena memiliki sifat lipofilik yang sangat tinggi dan berat molekul yang relatif kecil.

Golongan	Karakteristik Efek
Etanolamina	Sedasi dan antikolinergik kuat
Etilendiamina	Sedasi sedang, sering ganggu saluran cerna
Alkilamina	Sedasi lebih rendah dibanding etanolamina
Piperazin	Sedasi sedang, juga untuk mabuk perjalanan
Fenotiazin	Sedatif dan antiemetik kuat

Generasi Kedua (Non-Sedatif)

Lebih minim sedasi karena strukturnya lebih hidrofilik/bermuatan dan mudah dipompa keluar dari otak oleh *P-glycoprotein*, sehingga tidak banyak bekerja di reseptor H1 otak.

Generasi Ketiga

Enantiomer murni atau metabolit aktif dari generasi kedua yang memiliki profil keamanan dan efikasi yang lebih baik (lebih sedikit interaksi obat).

Levosetirizina	Enantiomer R dari setirizina.
Desloratadin	Metabolit aktif dari loratadin.

Analisis Kualitatif

Uji Organoleptis dan Kelarutan



Wujud: umumnya serbuk kristal putih



Bau: umumnya lemah atau tidak berbau



Rasa: beberapa antihistamin memiliki rasa pahit

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Langkah awal identifikasi meliputi pengamatan wujud (umumnya serbuk kristal putih), bau, dan rasa. Sebagian besar antihistamin berada dalam bentuk garam klorida atau maleat untuk meningkatkan kelarutan dalam air.

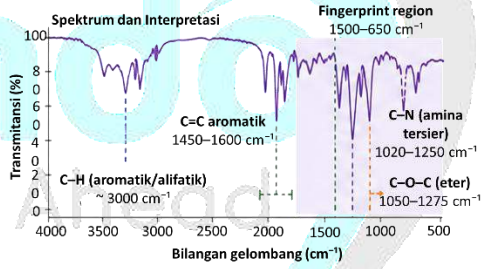
Reaksi Warna



Beberapa antihistamin dapat memberikan perubahan warna atau endapan khas setelah ditambahkan pereaksi tertentu.
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Asam Sulfat Pekat (H_2SO_4)	Difenhidramin memberikan warna kuning lambat laun menjadi merah cokelat.
Pereaksi Marquis	Berikan warna khas pada turunan fenotiazin (ungu/merah muda).
Pereaksi Dragendorff & Mayer	Bentuk endapan karena antihistamin umumnya mengandung nitrogen tersier.

Identifikasi Instrumen



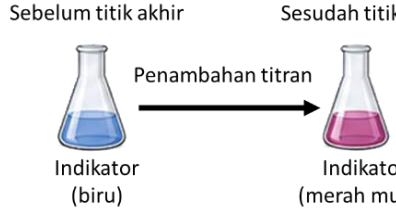
Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Spektroskopi Inframerah merupakan metode *"fingerprint"* yang paling akurat untuk identifikasi. Gugus fungsi seperti amina tersier, cincin aromatik, dan ikatan eter akan muncul pada bilangan gelombang spesifik.

Analisis Kuantitatif

Metode Volumetri (Titrasi)

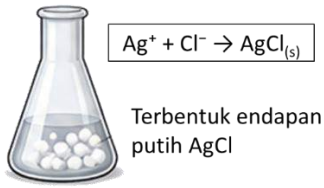
A. Titrasi Bebas Air (TBA)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Menggunakan asam perklorat (HClO4) dalam medium asam asetat glasial. Sangat efektif untuk basa nitrogen lemah.

B. Titrasi Argentometri

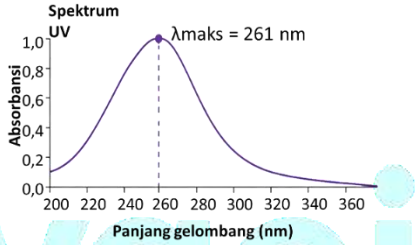


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Digunakan untuk antihistamin dalam bentuk garam hidroklorida (HCl).

Spektrofotometri UV-Vis

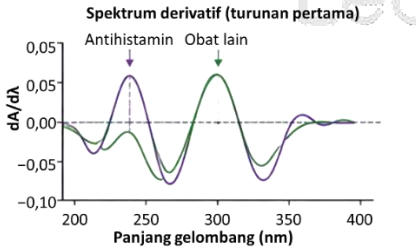
A. CTM



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Dianalisis pada panjang gelombang maksimal sekitar 261 nm dalam pelarut HCl 0,1 N.

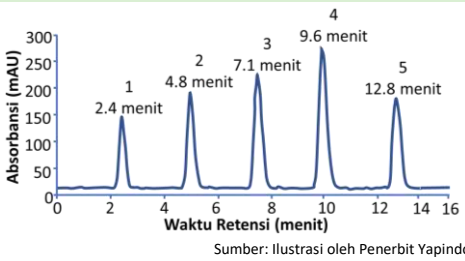
B. Metode Derivatif



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Digunakan untuk memisahkan campuran antihistamin dengan obat lain (dalam sirup flu) tanpa pemisahan fisik.

Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

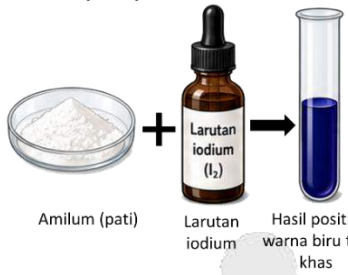
Fase Diam	Umumnya kolom C_{18} (Non-polar).
Fase Gerak	Campuran dapar fosfat dan pelarut organik (Asetonitril/Metanol).
Detektor	UV pada rentang 210-280 nm.

14.11 EKSPIEN FARMASI

Analisis Kualitatif Eksipien

Uji Identifikasi Kimia Basah

A. Amilum (Pati)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Larutan iodium akan memberikan warna biru tua yang khas pada amilum karena pembentukan kompleks adsorpsi iodium dalam heliks amilosa

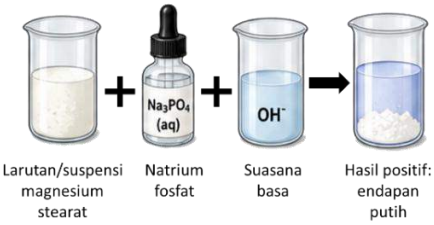
B. Laktosa



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sebagai gula pereduksi, laktosa akan mereduksi pereaksi Fehling menjadi endapan merah bata kupro oksida (Cu2O).

C. Magnesium Stearat

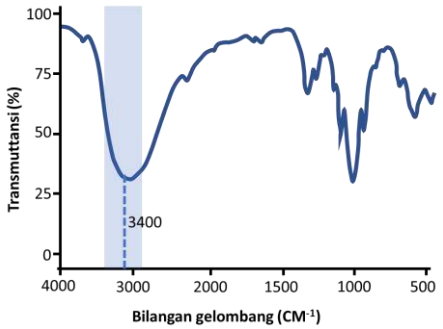


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Melalui uji nyala, ion magnesium memberikan warna nyala putih cemerlang. Selain itu, dapat diidentifikasi melalui pembentukan endapan putih dengan natrium fosfat dalam suasana basa.

Analisis Spektroskopi Infra Merah (FTIR)

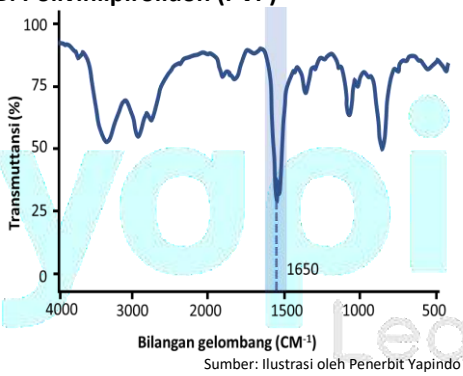
A. Mikrokristalin Selulosa (MCC)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Menunjukkan serapan lebar pada bilangan gelombang 3400 cm-1 (gugus hidroksil).

B. Polivinilpirolidon (PVP)



Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Menunjukkan puncak tajam pada 1650 cm-1 yang berasal dari gugus karbonil amida tertutup.

Analisis Kuantitatif dan Kemurnian

Penetapan Kadar Air *(Karl Fischer)*

Prinsip Reaksi Redoks Iodium



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Eksipien seperti laktosa dan selulosa sangat dipengaruhi oleh kelembapan. Metode Karl Fischer digunakan untuk mengukur kadar air secara volumetri atau kulometri dengan prinsip reaksi redoks iodium yang sangat selektif terhadap molekul air.

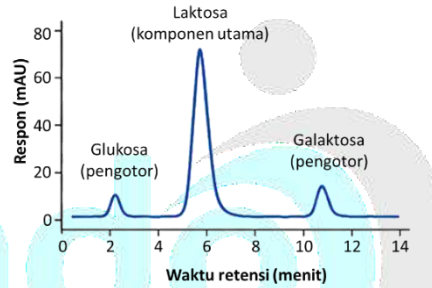
Penetapan Sisa Pemijaran (Abu)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Digunakan untuk menentukan jumlah bahan anorganik dalam eksipien organik. Bahan dipanaskan pada suhu tinggi (600 ± 50°C) hingga karbon habis terbakar. Sisa abu menunjukkan kadar mineral atau pengotor logam.

Analisis Kromatografi Cair (HPLC)

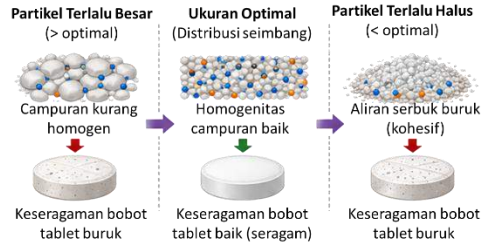


Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

HPLC digunakan untuk menentukan kadar pengotor atau zat aktif dalam eksipien. Misalnya, pada analisis Laktosa, HPLC digunakan untuk mendeteksi adanya gula lain (glukosa atau galaktosa) sebagai pengotor hasil hidrolisis.

Karakterisasi Fisikokimia Lanjut

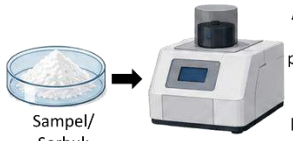
Analisis Ukuran Partikel (*Sieving & Laser Diffraction)*



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Ukuran partikel bahan pengisi (seperti MCC) sangat memengaruhi homogenitas campuran obat dan keseragaman bobot tablet.

Analisis Termal (DSC & TGA)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

A. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC)
Digunakan untuk menentukan titik lebur dan mendeteksi adanya polimorfisme.

B. *Thermogravimetric Analysis* (TGA)
Mengukur perubahan berat sampel terhadap suhu, sangat berguna untuk menganalisis pelepasan air kristal.

Kompatibilitas Eksipien dan Zat Aktif

Contoh Terkenal: Reaksi Maillard

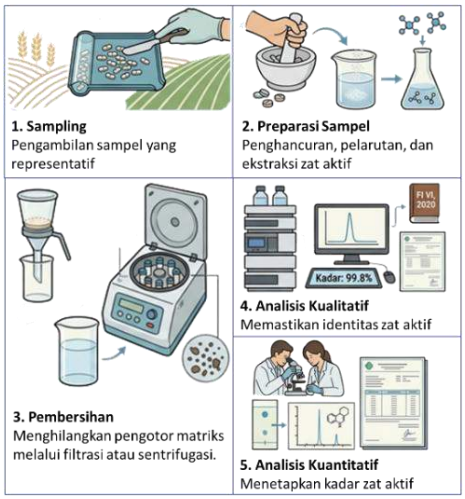


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Analis harus melakukan uji stabilitas untuk mendeteksi inkompatibilitas. Salah satu yang paling terkenal adalah Reaksi Maillard antara laktosa dengan obat yang mengandung gugus amina primer, menghasilkan warna cokelat yang menandakan degradasi produk.

14.12 BENTUK SEDIAAN FARMASI

Tahapan Umum Analisis Sediaan

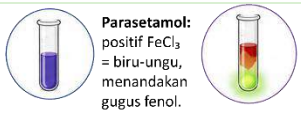


Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Proses analisis sediaan farmasi secara umum	
Sampling	Pengambilan sampel yang representatif (misal: untuk dihitung berat rata-ratanya).
Preparasi Sampel	Penghancuran, pelarutan, dan ekstraksi zat aktif.
Pembersihan (Cleanup)	Menghilangkan pengotor matriks melalui filtrasi atau sentrifugasi.
Kualitatif	Memastikan identitas zat aktif.
Kuantitatif	Menetapkan kadar zat aktif.

Analisis Kualitatif (Identifikasi) Sediaan Farmasi

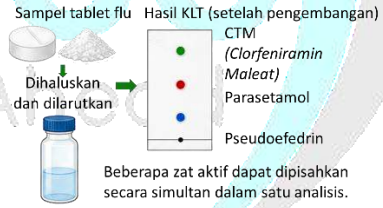
Uji Reaksi Warna Spesifik



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sediaan Tablet Parasetamol	Ekstrak etanol tablet jika direaksikan dengan Besi(III) Klorida ($FeCl_3$) hasilkan warna biru -ungu karena adanya gugus fenol.
Sediaan Salep Steroid	Uji Salkowski dapat dilakukan setelah basis salep dilarutkan dalam kloroform.

Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

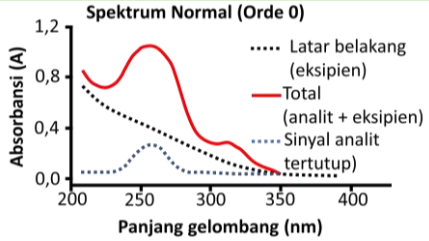


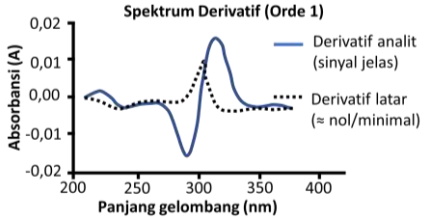
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

KLT adalah metode identifikasi paling populer untuk sediaan karena kemampuannya memisahkan beberapa zat aktif sekaligus. Pada prinsipnya pemisahan berdasarkan perbedaan afinitas zat terhadap fase diam dan fase gerak (eluen).

Analisis Kuantitatif

Spektrofotometri UV-Vis



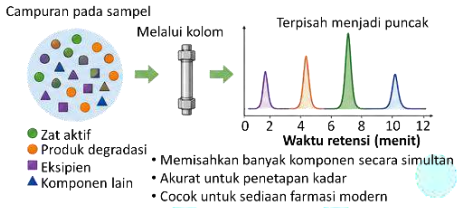


Latar belakang menjadi datar (=nol), puncak analit lebih tajam dan terpisah selektivitas dan akurasi meningkat.

Sumber: Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Tantangan: Eksipien seperti titanium dioksida atau zat warna dapat mengabsorpsi cahaya. Solusi: penggunaan Spektrofotometri Derivatif untuk hilangkan gangguan latar belakang dari eksipien.

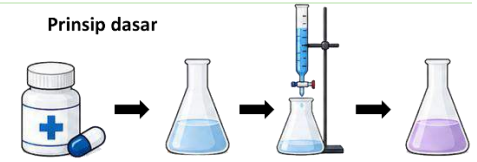
Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT)



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode ini sangat selektif karena mampu memisahkan zat aktif dari produk degradasi dan semua eksipien dalam satu kali injeksi. Metode ini dapat diaplikasikan pada penetapan kadar antibiotik dalam suspensi kering atau hormon dalam tablet kontrasepsi dosis rendah.

Titrimetri



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Metode klasik ini masih digunakan untuk sediaan tertentu dalam jumlah besar.

Titrasi Bebas Air (TBA)	Untuk tablet bersifat basa lemah (seperti CTM)
Nitrimetri	Untuk sediaan sulfonamida

Prosedur Analisis pada Berbagai Bentuk Sediaan

Sediaan padat	Tablet/kapsul ditimbang, digerus, diekstraksi, disaring, dan diencerkan; parameter penting adalah disolusi dan keseragaman kandungan.
Sediaan semisolid	Salep/krim perlu pemisahan zat aktif dari basis lemak melalui pelarut organik dan ekstraksi cair-cair.
Sediaan cair	Sirup/injeksi lebih mudah dianalisis, tetapi pengawet dapat mengganggu sehingga sering perlu kromatografi.

Validasi Metode Analisis Sediaan

Akurasi

Akurasi dinyatakan sebagai persen perolehan kembali (%*recovery*). Nilai % *recovery* yang dapat diterima untuk konsentrasi 10-100 ppm adalah 80%-115%.

Presisi

Nilai RSD yang disyaratkan antara 1-2% dalam senyawa-senyawa yang aktif dalam jumlah yang banyak, sedangkan untuk senyawa-senyawa dengan kadar sekelumit, RSD berkisar antara 5-15%.

Menghitung SD dan RSD:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})}{(n-1)}}$$

Ket:

- x_i = nilai dari masing-masing pengukuran sampel
- $\bar{x}$ = rata-rata dari pengukuran sampel
- n = jumlah sampel

$$RSD\ (\%)\frac{100\ \times SD}{\bar{x}}$$

Linearitas

Kemampuan metode mhasilkan respons yang sebanding dengan konsentrasi analit.

Kurva kalibrasi	Menunjukkan hubungan antara respons alat dan kadar analit.
Pengukuran	Dilakukan pada beberapa konsentrasi berbeda.
Analisis data	Menggunakan regresi linier untuk menentukan slope, intersep, dan koefisien korelasi.
Kriteria baik	Linearitas baik jika koefisien korelasi mendekati 0,999 dan Vxo ≤ 5%.

Batas Deteksi (limit of detection, LOD)

Batas uji yang secara spesifik menyatakan apakah di atas atau di bawah nilai tertentu.

$$LOD = \frac{3{,}3 \times \frac{Sy}{x}}{b}$$

Ket:

- $\frac{Sy}{x}$ = simpangan bak residual
- B = respon dari kemiringan (*slope* pada persamaan garis y=bx+a)

Batas Kuantifikasi (*limit of quantitation*)

Batas kuantitasi didefinisikan sebagai konsentrasi analit terendah dalam sampel yang dapat dikuantitasi.

$$LOQ = \frac{10 \times \frac{Sy}{x}}{b}$$

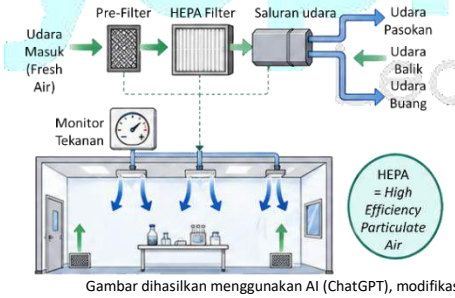
Ket:

- $\frac{Sy}{x}$ = simpangan bak residual
- B = respon dari kemiringan (*slope* pada persamaan garis y=bx+a)

14.13 PEMASTIAN MUTU PRODUK BIOLOGI

Bangunan, Fasilitas dan Peralatan Produk Biologi

Desain Fasilitas Terdedikasi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Sistem Aliran Udara (HVAC): Harus menggunakan sistem tekanan udara negatif atau positif yang terkendali, dilengkapi dengan filter HEPA (High Efficiency Particulate Air) untuk mencegah keluarnya patogen ke lingkungan atau masuknya kontaminan ke area bersih.

Persyaratan Bangunan dan Fasilitas

Tingkat Kebersihan Udara		
Kelas	**Non-Operasional**	**Operasional**
Kelas A	≤ 3.520 partikel/ m^3 (≥ 0,5 µm)	≤ 3.520 partikel/ m^3 (≥ 0,5 µm)
Kelas B	≤ 3.520 partikel /m^3 (≥ 0,5 µm)	≤ 352.000 partikel /m^3 (≥ 0,5 µm)
Kelas C	≤ 352.000 partikel/m^3 (≥ 0,5 µm)	≤ 3.520.000 partikel/m^3 (≥ 0,5 µm)
Kelas D	≤ 3.520.000 partikel/m^3 (≥ 0,5 µm)	Tidak ditetapkan (berdasarkan penilaian risiko)

Persyaratan Teknis Pengisian Aseptik	
Pengisian aseptik	Tahap paling kritis dalam produksi produk biologi.
Area pengisian	Dilakukan di bawah LAF Kelas A dalam lingkungan Kelas B.
Tujuan	Mencegah kontaminan masuk ke area kritis melalui gradien tekanan dan kebersihan.
Teknologi pendukung	Isolator/RABS direkomendasikan untuk mengurangi intervensi manusia.

Monitoring Lingkungan dan Pengendalian Mikroba	
Partikel Udara	Pengukuran partikel berukuran ≥ 0,5 µm dan ≥ 5,0 µm
Mikroba	Menggunakan metode cawan papar, cawan kontak, dan pengambilan sampel udara aktif.
Tekanan Udara	Perbedaan tekanan antar ruang (biasa berkisar 10–15 Pascal) untuk memastikan arah aliran udara dari area bersih ke area yang lebih kotor

(PICS, 2022)

Fasilitas Produksi Bio-Proses

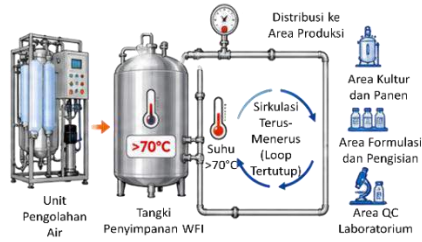
A. Area Kultur dan Panen



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Harus dirancang untuk mendukung inkubasi sel secara terkendali. Permukaan dinding dan lantai harus seamless (tanpa sambungan), tidak berpori, dan tahan terhadap agen sterilisasi kimia.

B. Sistem Air untuk Farmasi

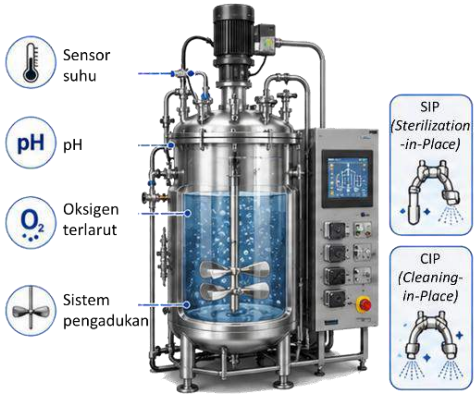


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Air merupakan bahan baku krusial. Fasilitas harus memiliki sistem pengolahan air (WFI) yang bersirkulasi secara terus-menerus pada suhu di atas 70°C untuk mencegah pembentukan biofilm bakteri

Peralatan Produk Biologi

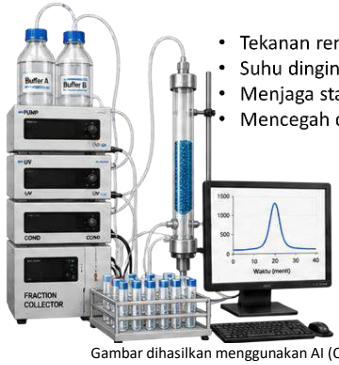
A. Bioreaktor dan Fermentor



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Peralatan utama tempat sel atau mikroorganisme tumbuh. Bioreaktor modern dilengkapi dengan sensor suhu, pH, oksigen terlarut (DO), dan sistem pengadukan yang divalidasi secara ketat. Peralatan ini harus dapat disterilisasi menggunakan sistem *Sterilization-in-Place* dan dibersihkan dengan *Cleaning-in-Place*.

B. Sistem Kromatografi Cair



- Tekanan rendah
- Suhu dingin
- Menjaga stabilitas protein
- Mencegah denaturasi

Berbeda dari HPLC biasa, FPLC dirancang untuk pemurnian protein yang lembut.

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Dalam analisis pemurnian protein, digunakan *Fast Protein Liquid Chromatography* (FPLC). Berbeda dengan HPLC biasa, FPLC dirancang untuk bekerja pada tekanan rendah dan suhu dingin guna menjaga stabilitas protein agar tidak mengalami denaturasi.

C. *Biosafety Cabinet* (BSC)

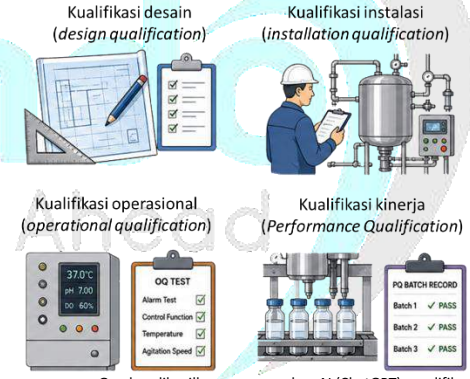


BSC berbeda dengan laminar *air flow* biasa karena memberikan perlindungan menyeluruh.

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Berbeda dengan Laminar *Air Flow* biasa, BSC (terutama Tipe II atau III) digunakan untuk menangani agen biologi berbahaya karena melindungi personel, produk, dan lingkungan sekaligus melalui mekanisme sirkulasi udara terfiltrasi HEPA.

Validasi Fasilitas dan Peralatan



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

DQ/ Kualifikasi Desain	Memastikan desain fasilitas, sistem, atau alat sesuai tujuan penggunaan, URS, dan persyaratan CPOB.
IQ/ Kualifikasi Instalasi	Memastikan alat atau sistem terpasang sesuai desain, spesifikasi pabrik, dan kebutuhan operasional.
OQ/ Kualifikasi Operasional	Memastikan alat/sistem berfungsi sesuai parameter operasional kondisi simulasi tanpa produk.
PQ/ Kualifikasi Kinerja	Memastikan alat atau sistem mampu menghasilkan produk sesuai spesifikasi secara konsisten dalam kondisi penggunaan nyata.

Sarana Pemeliharaan & Penanganan Hewan Produk Biologi

Fasilitas dan Sarana Bangunan



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikas

Lokasi dan Desain Interior	
Dinding dan lantai	Harus kedap, mudah dibersihkan, tahan desinfektan, dan memiliki sudut melengkung.
Pintu dan jendela	Pintu harus kedap udara dan menutup sendiri; jendela sebaiknya dihindari agar siklus cahaya stabil.

Sistem Tata Udara (HVAC)	
Pertukaran Udara	Diperlukan 10–15 kali pertukaran udara per jam dengan filter HEPA untuk meminimalkan konsentrasi amonia dan partikel debu.
Suhu dan Kelembapan	Arus dijaga konstan sesuai spesies. Misal, mencit dan tikus perlukan suhu 20°C-26°C dengan kelembapan relatif 40% - 70%

(Pramana & Hakim, 2022)

Peralatan dan Perlengkapan



***Individually Ventilated Cages* (IVC)**

Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Kandang *(Caging System)*	
***Individually Ventilated Cages* (IVC)**	Sistem kandang yang menyuplai udara terfiltrasi secara mandiri ke setiap kandang, mencegah kontaminasi antar kandang
***Bedding* (Alas)**	Harus menyerap air, bebas debu, dan tidak toksik.

Sarana Pakan dan Minum	
1.	Air minum harus diberikan secara ad libitum melalui botol minum steril/sistem otomatis
2.	Pakan harus diformulasikan secara khusus untuk hewan laboratorium dan disimpan di ruang dingin mencegah pertumbuhan jamur.

Penanganan Hewan dalam Analisis Produk Biologi

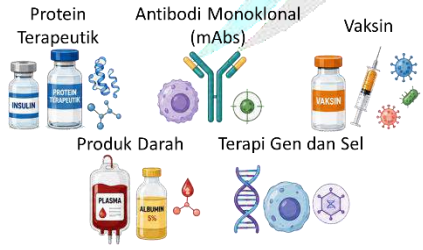


Prosedur tepat, cepat, dan minim ketidaknyamanan.
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teknik Handling dan Restrain	
Handling	Dilakukan dengan hati-hati untuk mengurangi nyeri dan kecemasan.
Restrain	Menggunakan alat bantu atau teknik tangan yang benar saat injeksi dan pengambilan darah.

Karantina dan Aklimatisasi	
Karantina	Hewan baru diisolasi 7–14 hari untuk memantau kesehatannya.
Aklimatisasi	Hewan menyesuaikan diri dengan lingkungan laboratorium agar kondisi fisiologis stabil sebelum pengujian.

Produk Biologi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

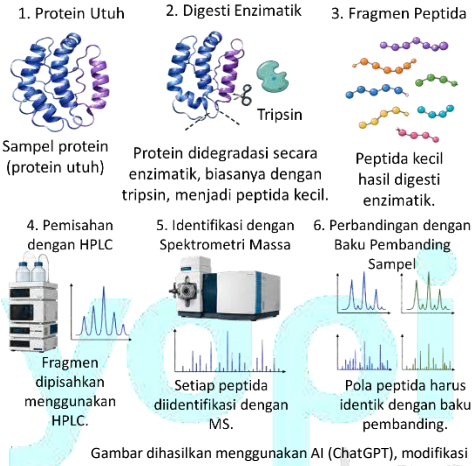
Klasifikasi Produk Biologi	
Protein Terapeutik	Insulin, hormon pertumbuhan, dan sitokin.
Antibodi Monoklonal	Digunakan untuk terapi kanker dan penyakit autoimun.
Vaksin	Berupa virus/bakteri dilemahkan, inaktif, atau subunit protein.
Produk Darah	Albumin, faktor koagulasi, dan imunosera.
Terapi Gen dan Sel	Produk mutakhir berbasis DNA atau sel hidup

Karakteristik Fisikokimia Produk Biologi	
Struktur Primer	Urutan asam amino.
Struktur Sekunder, Tersier, dan Kuaterner	Konformasi ruang yang menentukan aktivitas biologis (folding).
Modifikasi Pasca-Translasi (PTMs)	Seperti glikosilasi, oksidasi, dan deamidasi.
Agregasi	Pembentukan gumpalan protein dapat memicu respon imun berbahaya

Analisis Produk Biologi

Analisis Kualitatif (Identifikasi)

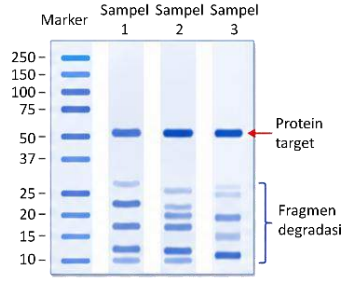
A. Pemetaan Peptida *(Peptide Mapping)*



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Protein didegradasi secara enzimatik (biasanya dengan tripsin) menjadi peptida-peptida kecil. Fragmen-fragmen ini kemudian dipisahkan menggunakan HPLC dan diidentifikasi dengan Spektrometri Massa (MS). Pola peptida yang dihasilkan harus identik dengan baku pembanding.

B. Elektroforesis Gel (SDS-PAGE)

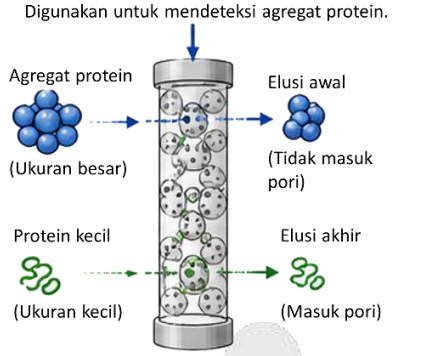


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

Teknik ini memisahkan protein berdasarkan berat molekulnya dalam medan listrik. Ini digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan protein target dan mendeteksi adanya fragmen protein hasil degradasi.

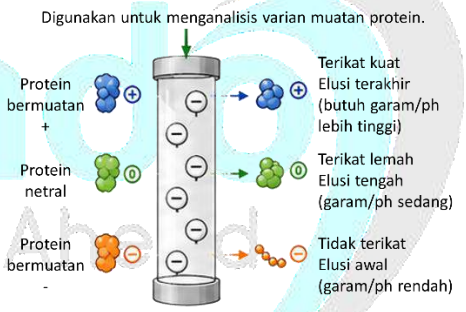
Analisis Kuantitatif dan Kemurnian

A. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi



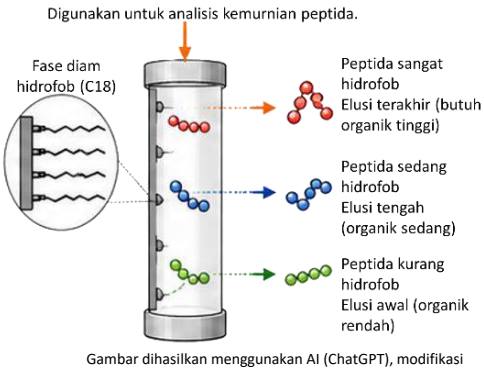
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- *Size Exclusion Chromatography* (SEC): untuk mendeteksi agregat protein.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

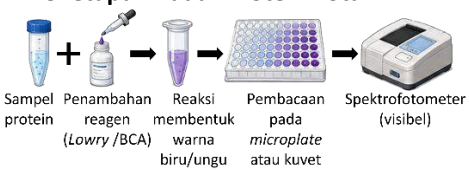
- *Ion Exchange Chromatography* (IEX): untuk menganalisis varian muatan protein.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

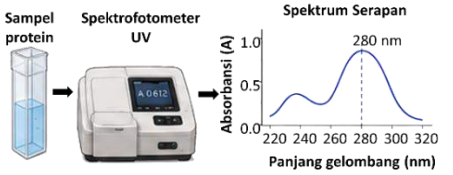
- *Reverse Phase* HPLC: untuk analisis kemurnian peptide.

B. Penetapan Kadar Protein Total



Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- Metode *Lowry* atau BCA: berdasarkan reaksi pembentukan warna yang diukur dengan spektrofotometer pada daerah visibel.



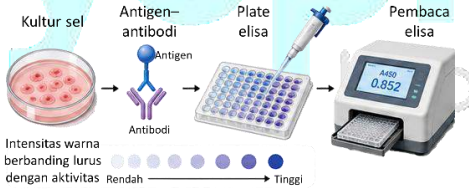
Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

- Spektrofotometri UV (280 nm): protein mengandung asam amino aromatik (triptofan, tirosin) yang menyerap cahaya pada 280 nm.

Uji Potensi Biologi *(Bioassay)*

In Vitro

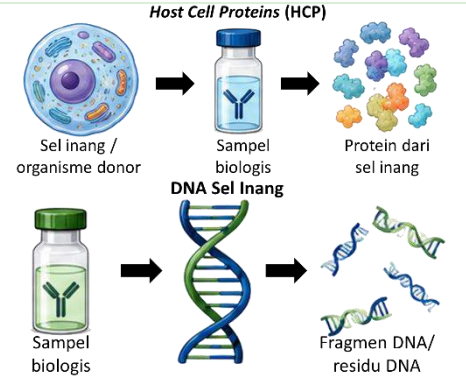
Contoh: kultur sel dan interaksi antigen-antibodi (ELISA).

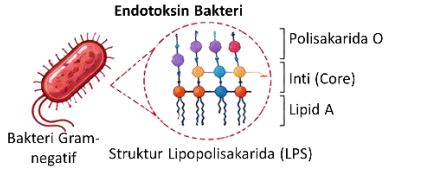


Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

In Vivo	Menggunakan hewan uji (misal: uji potensi vaksin pada mencit).
In Vitro	Menggunakan kultur sel atau interaksi antigen-antibodi (ELISA).

Analisis Kontaminan dan Pengotor





Gambar dihasilkan menggunakan AI (ChatGPT), modifikasi

***Host Cell Proteins* (HCP)**	Protein dari organisme donor yang tertinggal.
DNA Sel Inang	Residu materi genetik.
Endotoksin Bakteri	Lipopolisakarida yang dapat menyebabkan demam, diuji dengan metode LAL.

14.14 PEMASTIAN MUTU SEDIAAN FARMASI

Pemastian dan Pengkajian Mutu

Pemastian Mutu



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

- Melindungi konsumen: pastikan pasien mendapatkan obat yang benar-benar mengandung zat aktif sesuai dosis dan bebas dari kontaminan berbahaya.
- Kepatuhan regulasi: pastikan industri beroperasi sesuai dengan standar hukum yang ditetapkan oleh otoritas kesehatan seperti BPOM atau WHO.
- Efisiensi operasional: mengurangi kegagalan *batch*, pengerjaan ulang, dan pemborosan bahan baku melalui kontrol proses yang ketat.
- Membangun kepercayaan: menjaga reputasi perusahaan farmasi di mata tenaga medis dan masyarakat luas.

(Priyambodo, 2021)

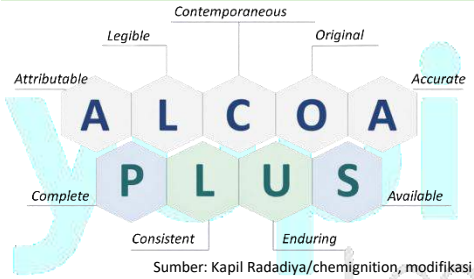
Pengkajian Mutu



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Berdasarkan standar CPOB, pengkajian mutu (dilakukan setahun)	
Bahan Awal / Baku	Evaluasi terhadap pemasok dan kualitas bahan awal, terutama jika ada sumber baru.
Hasil Pengujian	Analisis tren terhadap hasil pengujian laboratorium (analisis statistik kadar, disolusi, dll).
***In-Process Control* (IPC)**	Evaluasi parameter selama proses produksi (misal: bobot rata-rata tablet).
Kegagalan Batch	Tinjauan terhadap semua *batch* yang gagal memenuhi spesifikasi dan investigasi yang dilakukan.
Stabilitas	Stabilitas produk jadi
Perubahan	Bevaluasi dampak perubahan
Penyimpangan & CAPA	Identifikasi masalah
Keluhan dan Penarikan Obat	Evaluasi terhadap keluhan dari pasar dan efektivitas sistem penarikan obat

Prinsip ALCOA+



Sumber: Kapil Radadiya/chemignition, modifikasi

Attributable	Data harus menunjukkan siapa yang melakukan analisis dan kapan dilakukan.
Legible	Data harus dapat dibaca dan permanen (tidak boleh dihapus dengan tipp-ex atau pensil).
Contempo-raneous	Data dicatat tepat pada saat pengujian dilakukan, bukan menyusul di hari berikutnya.
Original	Data harus berupa rekaman asli (misal *print-out* kromatogram HPLC asli).
Accurate	Data harus bebas dari kesalahan dan mencerminkan hasil pengujian yang sebenarnya.

ALCOA+

Complete	Semua data, metadata, pengulangan analisis, perubahan, serta data yang disertakan maupun dikecualikan harus terdokumentasi lengkap tanpa penghapusan data.
Consistent	Catatan disusun secara kronologis dengan tanggal/waktu yang jelas dan konsisten sesuai prosedur.
Enduring	Data disimpan pada media resmi yang permanen dan tahan lama, bukan pada media sementara atau informal.
Available	Data harus mudah diakses untuk audit, inspeksi, atau peninjauan selama masa retensi yang ditetapkan.
Traceable	Seluruh data dan perubahan dapat ditelusuri sepanjang siklus hidupnya melalui jejak audit (audit trail), metadata, dan informasi waktu yang lengkap.

(BPOM RI, 2024)

Manajemen Risiko Mutu



Sumber: Erma Yunita, modifikasi

Identifikasi Risiko	Apa yang bisa salah dalam analisis ini? (Misal: kolom HPLC tersumbat atau suhu inkubator tidak stabil).
Analisis Risiko	Seberapa besar dampaknya terhadap keamanan pasien jika kadar obat tidak sesuai?
Evaluasi Risiko	Apakah risiko ini dapat diterima atau memerlukan tindakan pencegahan tambahan?

KOMUNIKASI FARMASI

15.1 KONSEP DASAR

Definisi

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), komunikasi didefinisikan sebagai pengiriman dan penerimaan pesan atau berita antara dua orang atau lebih sehingga pesan tersebut dapat dipahami

Definisi Menurut ahli memberikan definisi mengenai komunikasi, di antaranya:



Wilbur Shcramm Carl I. Hovland

Asoy/etfilkomaik3

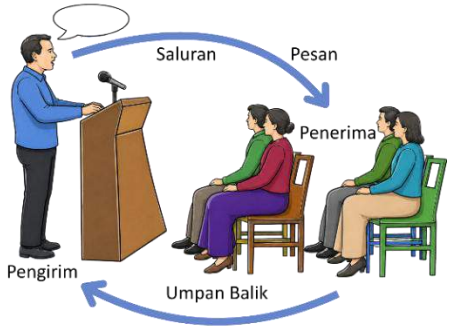
1. **Wilbur Shcramm**

   Komunikasi merupakan proses dua arah interaktif ketika komunikator dan komunikan mengirim dan menerima pesan secara bergantian.

2. **Carl I. Hovland**

   Komunikasi sebagai proses penyampaian rangsangan yang biasanya merupakan pesan verbal oleh seseorang kepada orang lain untuk mengubah sikap atau perilaku.

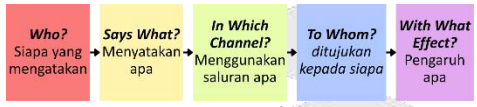
Komponen Komunikasi



filkomupn.blogspot, dengan modifikasi

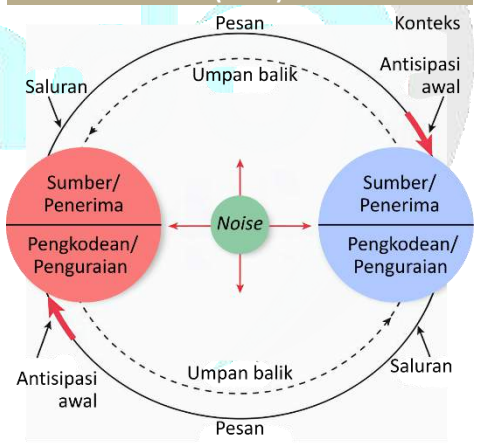
Komponen	Penjelasan
Pengirim	Sumber pesan yang menyampaikan informasi secara verbal/nonverbal.
Saluran	Media untuk menyampaikan pesan melalui cara, seperti tatap muka dan media massa.
Pesan	Informasi yang disampaikan pengirim kepada penerima
Penerima	Pihak yang menafsirkan pesan dan memberikan umpan balik.
Umpan Balik	Respons penerima bahwa pesan telah dipahami atau belum

Menurut Lasswell (1948)



Andy Schmitz/Wikipedia, dengan modifikasi

Menurut De Vito (2015)



Model Komunikasi Interpersonal

The interpersonal communication book, Devito (2016)

- **Konteks Komunikasi**

  Komunikasi berlangsung dalam empat dimensi konteks: fisik, sosial-psikologis, temporal, dan budaya.

- **Sumber-Penerima**

  Pengkodean adalah proses menyampaikan ide ke dalam bentuk simbol atau bahasa, sedangkan penguraian kode adalah proses memahami pesan tersebut.

- **Pesan**

Pesan komunikasi dapat berbentuk verbal maupun nonverbal, dan disampaikan melalui berbagai saluran sensorik.

- **Saluran**

  Saluran komunikasi adalah media yang digunakan untuk menyampaikan pesan, dan dalam praktiknya biasanya melibatkan lebih dari satu saluran secara bersamaan.

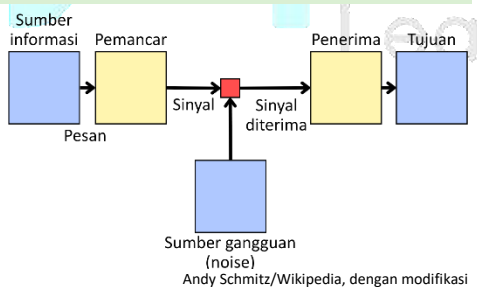
- **Gangguan (Noise)**

  Gangguan (noise) adalah segala hal yang menghambat penerimaan pesan dalam komunikasi, mulai dari yang ringan hingga yang dapat mengubah atau menghalangi pesan sepenuhnya.

- **Efek**

  Komunikasi menghasilkan berbagai dampak pada individu yang terlibat, yang umumnya terbagi menjadi tiga jenis efek. Efek intelektual (perubahan cara berpikir/pengetahuan), efek afektif (perubahan sikap, emosi, & nilai) terakhir efek psikomotor (perubahan perilaku atau keterampilan).

Proses Komunikasi



Andy Schmitz/Wikipedia, dengan modifikasi

Lima bagian menurut Teori Matematika Shannon, antara lain:

Sumber informasi	Menghasilkan pesan pesan untuk dikomunikasikan ke penerima.
Pemancar	Mengolah pesan menjadi sinyal yang sesuai untuk dikirim melalui media atau saluran komunikasi tertentu.
Saluran	Digunakan Media untuk mengirim sinyal dari pemancar ke penerima.
Penerima	Mengubah sinyal yang diterima menjadi pesan yang dapat dipahami oleh penerima komunikasi.
Tujuan	Orang (atau benda) yang dituju oleh pesan tersebut.

Faktor Memengaruhi Komunikasi

- **Faktor Individu**

Persepsi dan konsep diri	Cara seseorang melihat diri dan orang lain memengaruhi cara menyampaikan dan menerima pesan.
Bahasa dan keterampilan komunikasi	Kejelasan, ketepatan kata, dan gaya bahasa berpengaruh pada pemahaman pesan.

- **Faktor Sosial dan Budaya**

Konteks budaya	Norma, nilai, dan adat menentukan apa yang boleh/tidak boleh diucapkan.
Status sosial	Hubungan atasan dengan bawahan memengaruhi gaya komunikasi.

- **Faktor Lingkungan**

Lingkungan fisik	Bising/tidak nyaman mengurangi efektivitas komunikasi.
Teknologi dan media	Digunakan juga menjadi faktor penentu kejelasan dan ketepatan informasi.

- **Faktor Noise (Gangguan)**

Fisik	Suara bising, gangguan sinyal, jaringan buruk, dan lain-lain.
Psikologis	Prasangka, emosi, sentimentalitas.
Semantic	Perbedaan makna kata akibat budaya atau Bahasa.

15.2 BENTUK DAN MODEL

Bentuk Komunikasi

Bentuk komunikasi secara umum dapat dibedakan menjadi beberapa bentuk sesuai dengan kondisi seperti berikut:

Berdasarkan Penyampaian Pesan

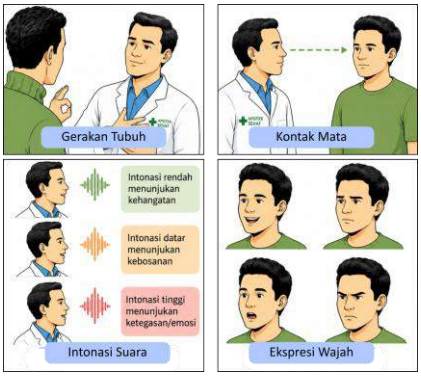
- **Komunikasi verbal**



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Penyampaian informasi melalui kata dan suara, baik percakapan langsung, telepon maupun secara tertulis melalui surat, email, pesan teks dan lain-lain.

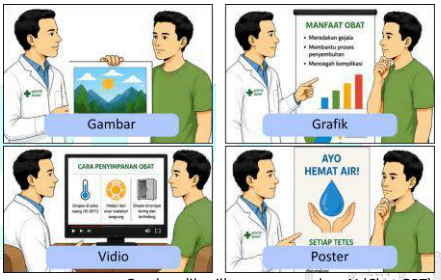
- **Komunikasi non verbal**



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Penyampaian pesan tanpa kata, komunikasi ini menggunakan gerakan, bahasa tubuh, ekspresi, kontak mata, intonasi suara, hingga sentuhan untuk menyampaikan emosi.

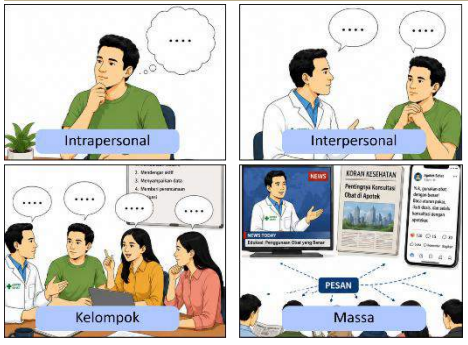
- **Komunikasi visual**



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Pesan yang disampaikan melalui penglihatan, seperti gambar dan video, untuk memperjelas informasi.

Berdasarkan Konteks dan Jumlah

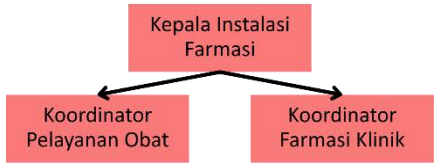


Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Intrapersonal	Komunikasi dengan diri sendiri
Interpersonal	Komunikasi antara 2 orang/lebih
Kelompok	Komunikasi antara 3 orang/lebih
Massa	Komunikasi kepada khalayak luas dengan menggunakan media

Berdasarkan Jaringan Kerja/Organisasi

- Komunikasi vertikal, yaitu pertukaran informasi, gagasan komunikasi dari atasan ke bawahan atau sebaliknya.



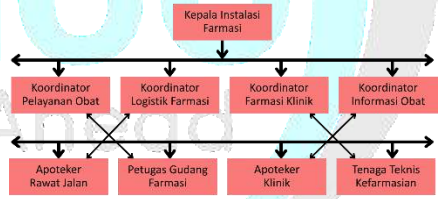
Yasmin/yasminnvl.blogspot, dengan modifikasi

- Komunikasi horizontal, yaitu pertukaran informasi, gagasan, atau instruksi antar individu dengan posisi sejajar dalam organisasi.



Yasmin/yasminnvl.blogspot, dengan modifikasi

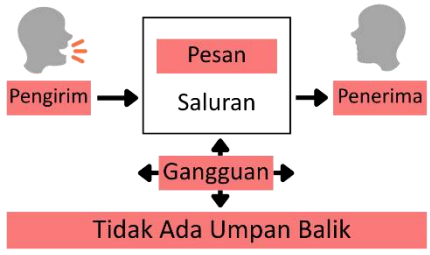
- Komunikasi diagonal, yaitu pertukaran informasi, gagasan komunikasi antara individu dengan kedudukan berbeda dan tidak satu jalur.



Aditya Soni/clearinfo, dengan modifikasi

Berdasarkan Arah Pesan

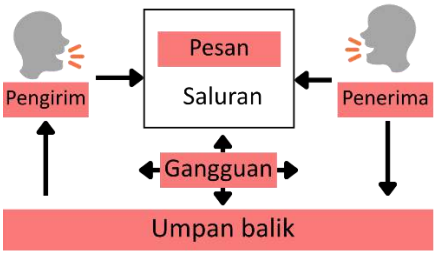
- **Komunikasi vertikal**



Aditya Soni/clearinfo, dengan modifikasi

Komunikasi vertikal adalah pesan disampaikan tanpa mengharapkan umpan balik secara langsung sehingga komunikasi berlangsung hanya dari pengirim kepada penerima pesan.

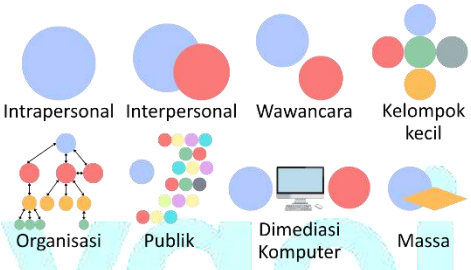
- **Komunikasi horizontal**



Aditya Soni/clearinfo, dengan modifikasi

Komunikasi horizontal adalah komunikasi timbal balik, yaitu pengirim dan penerima bertukar pesan secara aktif untuk mencapai pemahaman.

Menurut De Vito, Berdasarkan Jumlah

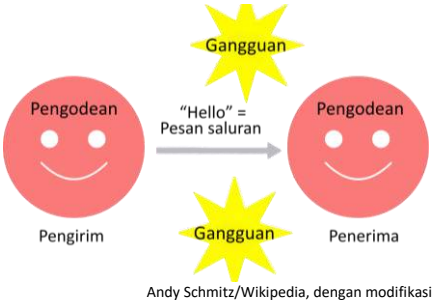


(De Vito, 2015). Human Communication: The Basic Course (13th ed.)

Intrapersonal	Komunikasi dengan diri sendiri
Interpersonal	Komunikasi antara dua atau beberapa orang
Wawancara	Komunikasi yang berlangsung melalui tanya-jawab
Kelompok kecil	Komunikasi dalam kelompok kecil (5-10 orang)
Organisasi	Komunikasi dalam organisasi.
Publik	Komunikasi dari pembicara dengan audiens
Dimediasi Komputer	Komunikasi antar orang melalui komputer
Massa	Komunikasi kepada banyak orang melalui media audio dan/atau visual

Model Komunikasi

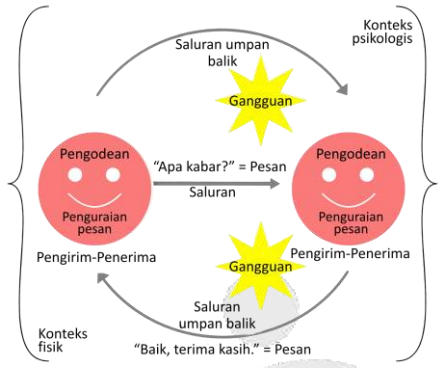
1. Model Linier



Andy Schmitz/Wikipedia, dengan modifikasi

Model paling sederhana dimana komunikasi dipandang sebagai proses satu arah dari pengirim ke penerima. Model ini mencakup elemen dasar seperti pengirim, pesan, saluran, penerima, dan kebisingan.

2. Model Interaksi



Andy Schmitz/Wikipedia, dengan modifikasi

Model yang mendeteksi interaksi timbal balik antara pengirim dan penerima. Dalam model ini, pengirim dan penerima bertukar peran sebagai pengirim dan penerima pesan serta saling memberikan umpan balik.

3. Model Transaksional



Andy Schmitz/Wikipedia, dengan modifikasi

Model yang menekankan bahwa komunikasi adalah proses saling memengaruhi antara pengirim dan penerima. Dalam model ini, komunikasi dipandang sebagai pertukaran pesan yang simultan dan berulang-ulang antara dua pihak.

15.3 HAMBATAN-HAMBATAN

Hambatan Komunikasi Efektif

1. Hambatan Bahasa

Hambatan utama dalam komunikasi efektif yang dapat menyebabkan komunikasi yang buruk, risiko bisnis yang signifikan, dan kekhawatiran serta

menghalangi suatu organisasi untuk berekspansi secara internasional.

Makna dan interpretasi kata-kata yang dapat berbeda-beda sehingga dapat menyebabkan berbagai masalah.

Jenis Hambatan	Dampak
Perbedaan bahasa, jargon, aksen	Miskomunikasi dan kesalahan informasi
Hambatan bahasa dalam organisasi	Menghambat kerja sama dan ekspansi

2. Hambatan Budaya

Orang dari berbagai budaya mungkin memiliki gaya komunikasi, kepercayaan, dan harapan yang berbeda, sehingga sulit untuk saling memahami.

Jenis Hambatan	Dampak
Perbedaan norma & kepercayaan	Persepsi dan penilaian terhadap pesan
Perbedaan bahasa tubuh, nada suara	Kesalahan interpretasi dan miskomunikasi

3. Hambatan Fisik

Hambatan fisik, seperti tempat kerja yang bising, akses terbatas ke teknologi komunikasi, atau kurangnya privasi, juga dapat menghambat komunikasi.

Jenis Hambatan	Dampak
Lingkungan bising dan kurang privasi	Konsentrasi terganggu, pesan tersampaikan
Keterbatasan ruang dan fasilitas komunikasi	Partisipasi rendah, interaksi dan kolaborasi tidak optimal

Contoh Hambatan Komunikasi

1. Penggunaan bahasa yang berbeda antar karyawan, istilah teknis atau jargon yang tidak dipahami semua orang, perbedaan makna kata, serta aksen yang menyulitkan pemahaman.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

2. Perbedaan kebudayaan dan cara berkomunikasi juga dapat menimbulkan salah tafsir dan menghambat kerja sama.


Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

3. Dalam percakapan langsung, kebisingan bisa berupa distraksi visual atau suara seperti gambar di dinding, pemandangan dari jendela, atau percakapan di ruangan sebelah.



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

15.4 KOMUNIKASI KELOMPOK

Definisi



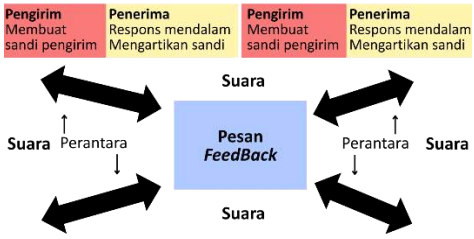
Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Komunikasi kelompok adalah proses pertukaran pesan antara tiga orang atau lebih yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan bersama, membangun pemahaman, dan menghasilkan keputusan kolektif.

Jenis komunikasi kelompok

Jenis Kelompok	Keterangan
kecil	Sedikit anggota, interaksi lebih intens
Formal	Dibentuk resmi dengan struktur dan tujuan jelas
Informal	Terbentuk secara alami tanpa struktur resmi
pemecahan masalah	Berfokus mencari solusi terhadap suatu masalah
kerja dengan fungsi berbeda	Tiap anggota memiliki peran berbeda sesuai tujuan kelompok

Mekanisme komunikasi kelompok



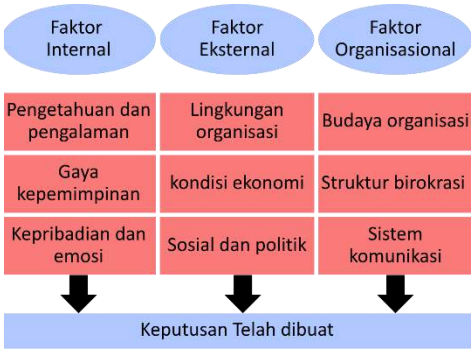
Group Dynamics project/ tugasdk.wordpress, dengan modifikasi

Mekanisme komunikasi kelompok mencakup penyampaian pesan, interpretasi, umpan balik, interaksi simultan, dan pengambilan keputusan.

Kelompok juga mengalami tahapan perkembangan, yaitu *forming* (pembentukan), *storming* (konflik awal), *norming* (penyesuaian aturan), *performing* (kerja efektif) dan *adjourning* (penutupan).

15.5 STRATEGI DALAM PENGAMBILAN KEPUTUSAN

Faktor



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Tipe Pengambilan Keputusan

1. Berdasarkan pendekatan, tipe pengambilan keputusan terdiri dari rasional (berdasarkan data dan analisis logis), intuitif (berdasarkan pengalaman dan insting), *Satisficing* (memilih alternatif yang "cukup baik") dan optimizing (memilih keputusan terbaik secara maksimal).
2. Berdasarkan keterlibatan, tipe pengambilan keputusan terdiri dari otoriter (keputusan oleh pimpinan), partisipatif (melibatkan anggota kelompok) dan konsensus (keputusan bersama seluruh anggota).
3. Berdasarkan kondisi, tipe pengambilan keputusan terdiri dari terprogram (rutin dan standar) dan tidak terprogram (kompleks dan tidak rutin).

Jenis Pengambilan Keputusan



Raj Polanki/futurecioclub, dengan modifikasi

1. Keputusan strategis, yang bersifat jangka panjang dan menentukan arah organisasi.
2. Keputusan taktis, berupa implementasi strategi yang bersifat menengah.
3. Keputusan operasional, berupa aktivitas harian yang bersifat rutin.

Elemen Dasar Pengambilan Keputusan

identifikasi Masalah	Menentukan apa yang harus diselesaikan.
Tujuan	Menentukan hasil yang ingin dicapai.
Alternatif	Berbagai pilihan solusi yang tersedia.
Informasi	Data yang mendukung analisis.

Kriteria Keputusan	Standar untuk menilai alternatif.
Risiko dan ketidakpastian	Kemungkinan dampak dari keputusan.
Pemilihan Keputusan	Proses memilih alternatif terbaik.
Implementasi dan evaluasi	Menjalankan keputusan dan menilai hasilnya.

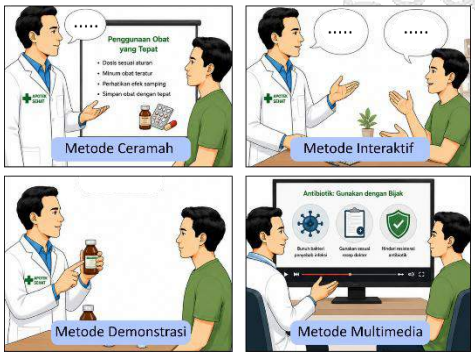
15.6 PRESENTASI

Definisi dan tujuan

Dalam teori komunikasi, presentasi merupakan bentuk komunikasi publik (*public communication*) yang melibatkan proses penyampaian pesan dari komunikator kepada audiens melalui media tertentu untuk mencapai efek tertentu (pemahaman, perubahan sikap, atau tindakan).

Tujuan Utama Presentasi
Menyampaikan informasi secara sistematis dan mudah dipahami
Meningkatkan pemahaman audiens terhadap suatu topik
Memengaruhi sikap atau keputusan audiens
Mengembangkan kemampuan komunikasi verbal dan nonverbal
Melatih kerja sama dalam presentasi kelompok

Metode Presentasi



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

1. **Metode Ceramah (*One-way communication*)**
   berupa komunikasi satu arah, bersifat efisien tetapi kurang interaktif.
2. **Metode Interaktif (*Two-way communication*)**
   berupa tanya jawab atau diskusi kelompok, dinilai lebih efektif meningkatkan pemahaman.
3. **Metode Demonstrasi**
   menunjukkan langsung proses, cocok untuk penyampaian materi obat seperti cara penggunaan, dosis dan lain-lain.
4. **Metode Multimedia**
   seperti slide, animasi, video, dan lain-lain.

Etika dan Norma Presentasi

1. Etika individu, seperti berpakaian sopan dan professional, tidak membaca slide penuh dan menggunakan bahasa yang jelas/mudah dipahami.
2. Etika komunikasi, meliputi menghargai audiens, tidak memotong pembicaraan, menjawab pertanyaan dengan sopan.
3. Etika kelompok, mencakup pembagian tugas secara adil, kerja sama yang solid, tidak mendominasi satu orang.
4. Etika akademik, terdiri dari menggunakan sumber ilmiah terpercaya, tidak menyebarkan informasi yang salah.

15.7 KOMUNIKASI EFEKTIF

Definisi

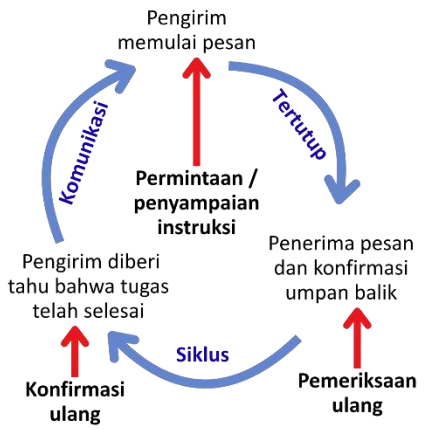
Komunikasi efektif adalah proses penyampaian pesan yang menghasilkan kesamaan makna (*shared meaning*) antara komunikator dan penerima, sehingga informasi dipahami dengan benar dan menghasilkan tindakan yang tepat.

Strategi Komunikasi Kolaboratif

1. **SBAR (*Situation*, *Background Assessment*, *Recommendation*)**
   Berupa metode komunikasi terstruktur untuk menyampaikan informasi klinis dengan rincian:

Situation	Identitas Pasien
	Alasan menghubungi
	Kondisi saat ini
Background	Riwayat masuk/diagnosis
	Riwayat medis penting
	Tanda vital & alergi
Assessment	Hasil observasi
	Masalah/gejala utama
	Data objektif
Recommend-ation	Tindakan yang diperlukan
	Pemeriksaan

2. *Closed-loop communication*



pressbooks.txst, dengan modifikasi

Yaitu proses komunikasi yang memastikan pesan dikirim, pesan diterima dan dikonfirmasi Kembali. Hal ini dilakukan untuk mengurangi miskomunikasi dalam situasi kritis.

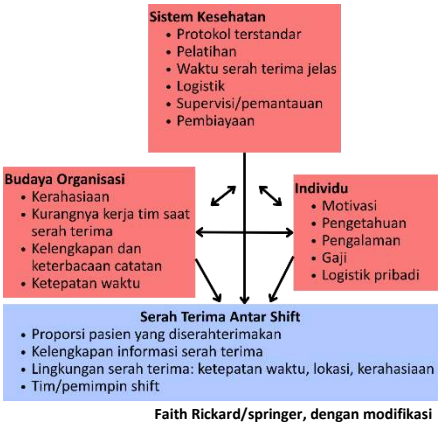
3. *Interprofessional Teamwork*



Martin/researchgate, dengan modifikasi

Yaitu apoteker, dokter, perawat dan tenaga kesehatan lain bekerja sebagai satu tim yang fokus pada *patient-centered care*.

4. *Structured Handover*



Faith Rickard/springer, dengan modifikasi

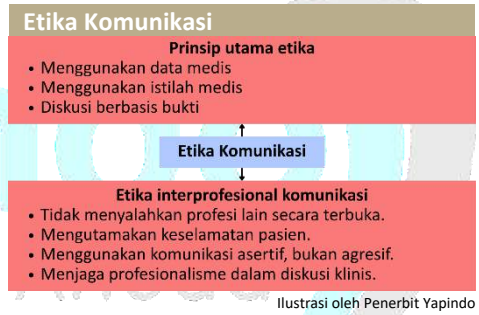
Yaitu serah terima pasien secara sistematis dengan menggunakan format standar seperti SBAR.

4. Active Listening dan Empati

mencakup mendengarkan secara aktif dan memahami sudut pandang profesi lain.



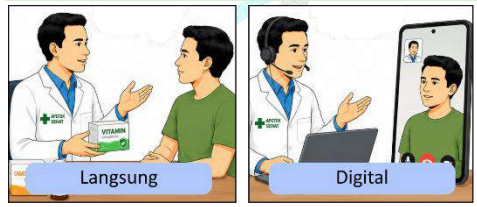
Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

15.8 PERSONAL SELLING

Definisi dan Tujuan



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

Personal selling adalah komunikasi yang melibatkan interaksi langsung antara penjual dan calon pembeli untuk memengaruhi keputusan pembelian.

Tujuan utama *personal selling*
Menyampaikan informasi produk
Mempersuasi pelanggan untuk membeli
Membangun hubungan jangka panjang
Memahami kebutuhan konsumen
Meningkatkan loyalitas pelanggan

Keuntungan dan Kerugian *Personal Selling*

Keuntungan	Kerugian
Interaksi langsung lebih persuasif	Biaya tinggi
Fleksibel dalam penyampaian pesan	Jangkauan terbatas
Respons konsumen langsung	Bergantung kemampuan sales
Efektif untuk produk kompleks	Tidak efisien untuk pasar massal

Manfaat Personal Selling

Komunikasi dua arah (*feedback* langsung)
Penyesuaian pesan sesuai kebutuhan pelanggan
Membangun kepercayaan dan hubungan jangka panjang
Meningkatkan kepuasan pelanggan
Mendukung strategi pemasaran secara keseluruhan

Bentuk Personal Selling



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT)

1. *Field Selling*, yaitu penjual bertemu langsung dengan pelanggan.
2. *Retail Selling*, yaitu penjualan di toko atau *outlet*.
3. Telemarketing/ *Online Selling*, yaitu melalui telepon atau media digital.
4. *Consultative Selling*, yaitu penjual bertindak sebagai konsultan yang membantu solusi pelanggan

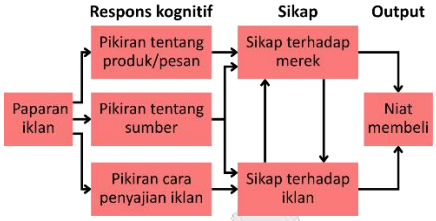
Tipe Personal Selling

1. *Order Taker*, yaitu menerima pesanan (pasif).
2. *Order Getter*, yaitu mencari pelanggan baru (aktif).
3. *Missionary Salesperson*, yaitu membangun hubungan dan memberikan edukasi.
4. *Technical Salesperson*, yaitu menjual produk teknis, tipe personal selling ini membutuhkan keahlian khusus.

Strategi Marketing *Personal Selling*

Strategi Komunikasi

1. Komunikasi Persuasif



Melisa Arisanty/Proses komunikasi persuasive, dengan modifikasi

yaitu memengaruhi sikap dan keputusan pelanggan dengan menggunakan argumentasi logis dan emosional.

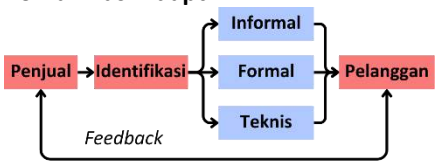
2. Komunikasi Interpersonal



Lucy Pujasari Supratman/ researchgate, dengan modifikasi

yaitu interaksi langsung untuk membangun kepercayaan antara pengirim dan penerima pesan.

3. Komunikasi Adaptif



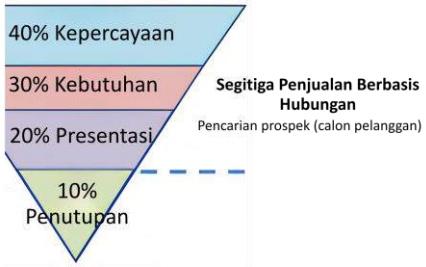
yaitu menyesuaikan gaya komunikasi dengan pelanggan, bersifat fleksibel terhadap situasi.

4. Komunikasi Dua Arah (*Feedback*)

yaitu mendengarkan pelanggan dan memberikan respon. Strategi komunikasi ini mengurangi miskomunikasi dan meningkatkan efektivitas.

Strategi Modern

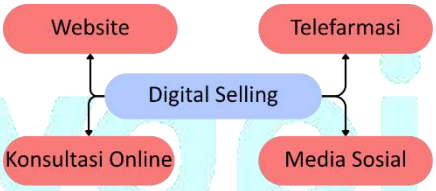
1. ***Relational Selling***



Garrett Grega/linkedin, dengan modifikasi

Relational selling adalah strategi penjualan yang memprioritaskan pembangunan kepercayaan dan koneksi jangka panjang dengan pelanggan, bukan sekadar mengejar transaksi cepat (transaksional).

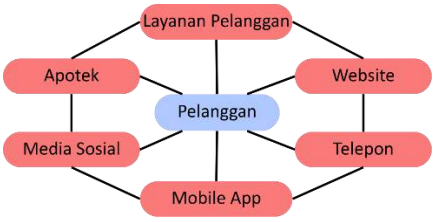
2. ***Digital Selling***



Semrush Team/semrush, dengan modifikasi

Digital selling adalah proses penjualan produk atau layanan secara langsung melalui saluran digital seperti media sosial, e-commerce, atau email untuk menghasilkan pendapatan.

3. ***Omnichannel Strategy***

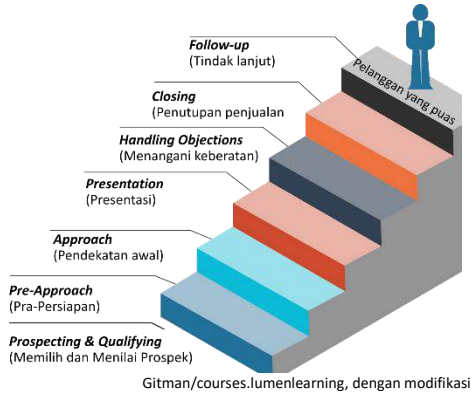


Semrush Team/semrush, dengan modifikasi

Omnichannel strategy adalah pendekatan pemasaran dan penjualan yang mengintegrasikan berbagai Saluran baik online (website, aplikasi, media sosial) dan offline (toko fisik) untuk memberikan pengalaman pelanggan yang konsisten, mulus, dan terpadu.

15.9 LANGKAH DAN TAHAP *PERSONAL SELLING*

Langkah-langkah Personal Selling



Gitman/courses.lumenlearning, dengan modifikasi

1. ***Prospecting & Qualifying* (Memilih dan Menilai Prospek)**

   yaitu mencari dan menilai calon pelanggan. Pada langkah ini dilakukan identifikasi calon pembeli potensial dan menilai apakah mereka memiliki kebutuhan dan kemampuan membeli.

2. ***Pre-Approach* (Persiapan)**

   Di langkah ini dilakukan pengumpulan informasi pelanggan, penyusunan strategi komunikasi dan penentuan pendekatan yang tepat.

3. ***Approach* (Pendekatan awal)**

   Pada langkah ini dilakukan kontak pertama dengan pelanggan, membangun hubungan dengan pelanggan, dan upaya memberikan kesan profesional.

4. ***Presentation* (Presentasi produk)**

   Langkah ini adalah inti komunikasi persuasif, dilakukan dengan menjelaskan manfaat produk, menyesuaikan dengan kebutuhan pelanggan dan dapat menggunakan cara demonstrasi langsung.

5. ***Handling Objections* (Menangani keberatan)**

   Yaitu menjawab keraguan pelanggan, memberikan solusi berbasis fakta dan mengubah keberatan menjadi peluang.

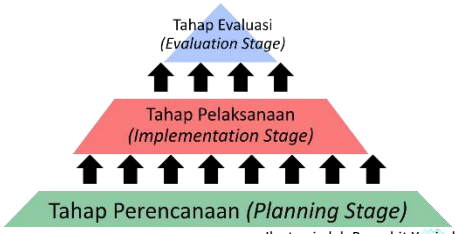
6. ***Closing*** **(Penutupan penjualan)**

   Dengan cara mengarahkan pelanggan untuk membeli dengan menggunakan teknik persuasi dan membantu pelanggan mengambil keputusan.

7. ***Follow-up*** **(Tindak lanjut)**

   Langkah ini dilakukan untuk menjaga hubungan dengan pelanggan, memastikan kepuasan dan membangun loyalitas jangka panjang.

Tahap Personal Selling



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

1. **Tahap Perencanaan (*Planning Stage*)**

   Pada tahap ini dilakukan analisis pasar dan pelanggan, penentuan strategi komunikasi dan persiapan materi penjualan.

2. **Tahap Pelaksanaan (*Implementation Stage*)**

   Tahap ini meliputi aktivitas inti berupa pendekatan pelanggan, presentasi produk, negosiasi dan penanganan keberatan serta closing.

3. **Tahap Evaluasi (*Evaluation Stage*)**

   Pada tahap ini dilakukan penilaian keberhasilan penjualan, evaluasi strategi komunikasi dan upaya melakukan perbaikan.

15.10 KESIMPULAN

Komunikasi farmasi merupakan aspek penting dalam pelayanan kefarmasian yang berfokus pada keselamatan dan kepuasan pasien. Tenaga farmasi tidak hanya bertugas menyiapkan obat, tetapi juga memastikan pasien memahami penggunaan obat secara tepat, aman, dan rasional.

Komunikasi didefinisikan sebagai proses pertukaran pesan antara dua pihak atau lebih untuk mencapai pemahaman bersama. Proses ini melibatkan unsur utama seperti pengirim, pesan, saluran, penerima, dan umpan balik, serta dipengaruhi oleh konteks, budaya, dan gangguan (*noise*).

Dalam praktiknya, komunikasi memiliki berbagai bentuk (verbal, nonverbal, visual) dan model (linier, interaktif, transaksional). Efektivitas komunikasi dipengaruhi oleh faktor individu, sosial-budaya, lingkungan, dan gangguan seperti kebisingan, perbedaan bahasa, atau kondisi psikologis.

Hambatan komunikasi dapat berasal dari bahasa, budaya, fisik, maupun sikap, yang dapat menyebabkan miskomunikasi. Oleh karena itu, diperlukan keterampilan komunikasi yang baik untuk meminimalkan hambatan tersebut

yapindo Leap Ahead

MANAJEMEN FARMASI

16.1 TENTANG MANAJEMEN FARMASI

Konsep Manajemen Farmasi



Michael Elkan/Informatikafarmasia, dengan modifikasi

Manajemen farmasi adalah proses terintegrasi dalam mengelola obat mulai dari perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian dalam pengelolaan sumber daya farmasi.

Siklus Manajemen Farmasi	
Seleksi	Obat berdasarkan formularium
	Berbasis EBM
Perencanaan	Estimasi kebutuhan obat
	Berdasarkan data konsumsi
Pengadaan	Pembelian melalui e-katalog
	Memastikan legalitas distributor
Penyimpanan	Sistem FEFO & FIFO
	Kontrol suhu dan keamanan
Distribusi	Penyaluran ke unit/pasien
	Sistem sentralisasi/desentralisasi
Penggunaan	Dispensing
	Konseling

Pendekatan dalam Manajemen Farmasi



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Implementasi di Lapangan	
Fasilitas	**Implementasi**
Rumah Sakit	Formularium, farmasi klinik, e-farmasi, dan SIMRS
Puskesmas	Perencanaan obat, obat esensial, promotif-preventif
Apotek	FEFO/FIFO, swamedikasi, konseling, sistem informasi

Ruang Lingkup Manajemen Farmasi

Komponen Ruang Lingkup	
Manajemen Logistik Farmasi	Meliputi Seleksi, Perencanaan, Pengadaan, Distribusi
Manajemen SDM Kefarmasian	Meliputi Rekrutmen, Pelatihan, Pembagian tugas
Manajemen Farmasi Klinik	Meliputi Konseling obat, Monitoring terapi, Identifikasi DRP
Manajemen Mutu dan Keselamatan	Meliputi *Medication safety, High alert medication,* LASA
Manajemen Keuangan	Meliputi Efisiensi biaya obat, Analisis *cost-effectiveness*
Sistem Informasi Farmasi	Meliputi Manajemen stok, Resep elektronik, Pelaporan digital

Konsep Dasar Integrasi

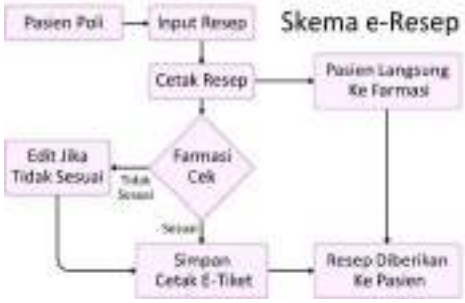


Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Integrasi dalam sistem kesehatan adalah proses menghubungkan berbagai layanan kesehatan dan sistem informasi agar data dapat diakses, digunakan, dan dianalisis secara terpadu.

Manfaat utama integrasi data	
Peningkatan Kualitas Pelayanan	Akses riwayat pasien terintegrasi
	Diagnosis lebih cepat dan tepat
	Terapi lebih rasional
Efisiensi Sistem	Mengurangi pemeriksaan ulang
	Menghemat biaya pelayanan
	Mempercepat alur pelayanan
Keselamatan Pasien	Mengurangi *medication error*
	Cegah interaksi obat berbahaya
	Memastikan ketepatan dosis
Pengambilan Keputusan Klinis	Data *real-time* mendukung *clinical decision making*
	Integrasi dengan *clinical decision support system*

Implementasi Teknologi Integrasi Data



Muhammadu Nawa/scribd, dengan modifikasi

Implementasi Teknologi Integrasi Data kesehatan mulai mengadopsi sistem digital, seperti RME, SIMRS, e-Resep, Sistem logistik, dan e-farmasi.

Dengan sistem ini:

- Dapat melihat riwayat pengobatan
- Dapat memverifikasi terapi *real-time*
- Mencegah kesalahan pemberian obat

Peran Integrasi Data dalam Manajemen

Tahap	Peran Integrasi Data
Seleksi	Pola penyakit formularium
Perencanaan	*Forecast* berbasis data konsumsi
Pengadaan	Monitoring stok nasional
Penyimpanan	Tracking stok *real-time*
Distribusi	Sistem distribusi digital
Penggunaan	Monitoring terapi pasien

Manfaat bagi *Stakeholder*

Tenaga Kesehatan	Akses data pasien lengkap
	pengambilan keputusan yang cepat
Pemerintah	Menyusun kebijakan berbasis data
	Monitoring distribusi obat nasional
Akademisi	Akses data untuk penelitian
	Analisis tren kesehatan masyarakat
Masyarakat	Pelayanan lebih cepat
	Risiko kesalahan lebih rendah

Tantangan dalam Integrasi Data

1. **Infrastruktur**
   - Keterbatasan jaringan di daerah
   - Fasilitas IT belum merata
2. **Keamanan Data**
   - Risiko kebocoran data pasien
   - Perlindungan privasi belum optimal
3. **Standardisasi Sistem**
   - Format data berbeda antar fasilitas
   - Kurangnya interoperabilitas
4. **Sumber Daya Manusia**
   - Kurangnya tenaga terlatih

Solusi dan Strategi Penguatan

Penguatan infrastruktur digital
Standardisasi sistem informasi kesehatan
Pelatihan SDM berbasis digital

16.2 MANAJEMEN SDM DALAM PELAYANAN KEFARMASIAN

Konsep Struktur Organisasi

Struktur organisasi pelayanan kefarmasian mengatur hubungan kerja, pembagian tugas, serta wewenang untuk mencapai tujuan pelayanan yang optimal.

Komponen Struktur Organisasi



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Kepala Instalasi Farmasi

Penanggung jawab seluruh pelayanan
Berperan dalam pengambilan keputusan strategis
Mengelola kebijakan dan layanan.

Bidang Pelayanan Farmasi

Pelayanan Rawat Jalan	Pelayanan resep racikan dan non racikan
Pelayanan Rawat Inap	Visite dan monitoring terapi obat
Pelayanan Klinik	Pemantauan terapi obat
Pelayanan IGD, Bedah Sentral	Pelayanan obat di kamar bedah
Pelayanan Farmasi Produksi	Pembuatan sediaan

Bidang Manajemen dan Administrasi

Manajemen Logistik	Perencanaan
	Penyimpanan dan Distribusi
Manajemen Administrasi	Keuangan dan anggaran
	Sistem informasi farmasi

Tata Kelola, Mutu, dan Keselamatan

Komite Farmasi dan Terapi (KFT)
Komite mutu dan keselamatan pasien
Manajemen risiko
Kepatuhan regulasi dan akreditasi

Fungsi Manajemen Farmasi
Perencanaan strategis
Pengorganisasian
Pengarahan dan pembinaan SDM
Manajemen informasi dan digitalisasi

Fungsi Penunjang dan Lintas Unit
Sistem informasi farmasi terintegrasi
Manajemen mutu, keselamatan, & risiko pasien.
Pengembangan SDM & pendidikan berkelanjutan
Penelitian dan pengembangan

Pembagian Tugas dalam Organisasi

Jabatan	Tugas Utama
Kepala Instalasi	Manajemen menyeluruh
Apoteker Klinik	Monitoring terapi
Apoteker Logistik	Pengelolaan obat
Apoteker Produksi	*Compounding* & mutu
TKK	Operasional pelayanan
Administrasi Farmasi	Sistem & pelaporan

16.3 MANAJEMEN LOGISTIK FARMASI

Definisi dan Tujuan



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Manajemen logistik farmasi adalah pengelolaan sediaan, alat yang sistematis mulai dari perencanaan, pengadaan, penerimaan, penyimpanan, distribusi, hingga penghapusan, untuk memastikan ketersediaan, keamanan, mutu, dan efisiensi biaya.

Tujuannya adalah menjamin ketersediaan perbekalan medis yang tepat jenis, jumlah, mutu, dan waktu dengan biaya yang efisien dan terjangkau.

Dasar Pemilihan Logistik Farmasi

- Berdasarkan *evidence-based medicine*
- Mengacu pada formularium
- Mempertimbangkan keamanan dan efektivitas
- Memperhatikan aspek biaya

Metode Analisis Pemilihan Obat

- **Analisis ABC**

  Mengelompokkan obat berdasarkan nilai konsumsi atau atau kontribusi biaya untuk membantu pengendalian anggaran dan prioritas pengawasan.

	Karakteristik
A	Nilai tinggi (±70–80% dari total biaya, jumlah item sedikit, pengawasan ketat)
B	Nilai sedang (±15–20% dari total biaya)
C	Nilai rendah (±5–10% dari total biaya, jumlah item banyak)

- Analisis VEN

  Mengelompokkan obat berdasarkan tingkat kepentingan klinis terhadap keselamatan pasien untuk menentukan prioritas ketersediaan obat.

	Keterangan
V	Obat penyelamat nyawa, wajib tersedia
E	Obat terapi utama, dapat digantikan
N	Obat tambahan, bukan prioritas utama

- **Kombinasi ABC-VEN**

  Digunakan untuk menentukan prioritas pengelolaan obat berdasarkan nilai ekonomi dan kepentingan klinis melalui klasifikasi prioritas.

	A	B	C	PUT	Tingkat *Buffer*
V	AV	BV	CV	P	25-30%
E	AE	BE	CE	U	15-25%
N	AN	BN	CN	T	10-20%

PUT meliputi:
P: Prioritas utama, wajib diadakan
U: Utama setelah prioritas utama
T: Tambahan setelah obat prioritas dan utama

Kelompok AV memiliki prioritas tertinggi karena bernilai tinggi dan kritis bagi pasien, sedangkan kelompok CN memiliki prioritas terendah karena bernilai rendah dan nonesensial.

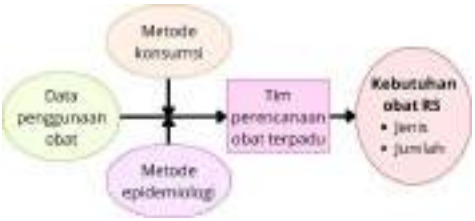
Dasar Perencanaan Logistik Farmasi

Perencanaan logistik farmasi bertujuan untuk menentukan jumlah kebutuhan obat dalam periode tertentu.

Tujuan Perencanaan

- Menjamin ketersediaan obat
- Menghindari pemborosan
- Menyesuaikan dengan anggaran

Metode Perencanaan



Kariadi/slidetodoc, dengan modifikasi

1. **Metode Konsumsi**
   - Berdasarkan penggunaan historis
   - Cocok untuk data stabil
2. **Metode Epidemiologi**
   - Berdasarkan jumlah kasus penyakit
   - Cocok untuk program Kesehatan

Perhitungan Dalam Perencanaan Logistik Farmasi

Perhitungan kebutuhan obat harus dilakukan secara sistematis dan berbasis data untuk menjamin ketersediaan obat yang tepat, sekaligus mencegah kelebihan atau kekurangan stok.

Komponen Perhitungan

- ***Average Monthly Consumption (AMC)***

  Rumus AMC:

  $$\frac{\textit{Total pemakaian beberapa bulan}}{\textit{Jumlah Bulan}}$$

  Rata-rata penggunaan obat per bulan berdasarkan data historis

- ***Lead Time***

  Rumus *Lead Time*:

  $$\frac{\begin{matrix}\textit{Waktu Pemrosesan}\\ \textit{Waktu Produksi}\\ \textit{Waktu Pengiriman}\end{matrix}}{\textit{Hasil}} +$$

  Waktu tunggu sejak pemesanan hingga obat diterima

- ***Safety Stock (Buffer Stock)***

  Rumus *Buffer Stock*:

  $$\textit{AMC} \times \textit{Safety Period}$$

  Stok pengaman untuk mengantisipasi ketidakpastian (lonjakan kebutuhan atau keterlambatan distribusi)

16.4 PENGADAAN DAN PENERIMAN LOGISTIK FARMASI

Definisi

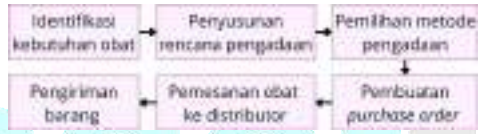
Pengadaan logistik farmasi merupakan proses memperoleh obat dan alat kesehatan dari sumber resmi sesuai kebutuhan pelayanan.

Syarat Pemilihan Distributor Logistik Farmasi

Kriteria	Penjelasan
Legalitas	Memiliki izin PBF resmi
Mutu	Bersertifikat CDOB
Distribusi	Pengiriman aman dan tepat waktu
Harga	Kompetitif
Reputasi	Kredibel dan terpercaya

Alur Proses Pengadaan Logistik Farmasi

1. **Tahapan Pengadaan**



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

2. **Metode Pengadaan**
   - *E-purchasing* (e-katalog)
   - Tender
   - Pembelian langsung

Permasalahan Dalam Proses Pengadaan Logistik Farmasi

1. **Masalah yang Sering Terjadi**
   - Keterlambatan pengiriman
   - Kekosongan stok nasional
   - Fluktuasi harga obat
   - Ketidaksesuaian spesifikasi
   - Keterbatasan anggaran
2. **Strategi Penanganan**
   - Perencanaan yang lebih akurat
   - Pemilihan distributor terpercaya
   - Monitoring secara berkala
   - Penggunaan sistem digital

Syarat Penerimaan Logistik Farmasi

Parameter	Pemeriksaan
Jenis obat	Sesuai dengan PO
Jumlah	Sesuai faktur
ED	Tidak mendekati kadaluarsa
Kemasan	Tidak rusak
Batch	Sesuai dokumen

Alur Proses Penerimaan Logistik



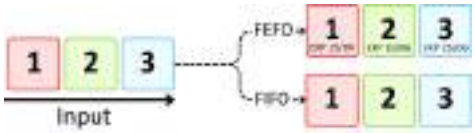
Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

16.5 MANAJEMEN PENYIMPANAN LOGISTIK

Definisi

Penyimpanan logistik farmasi adalah proses pengelolaan sediaan farmasi dan alat kesehatan untuk menjaga mutu, stabilitas, dan keamanan.

Prinsip Penyimpanan



Tatgynsy/shutterstock, dengan modifikasi

FEFO	Obat EXP terdekat digunakan lebih dulu
FIFO	Obat Pertama Masuk, Pertama Keluar

Penyimpanan Obat Secara Umum



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Penyimpanan Obat Narkotika dan Psikotropika



Gambar dihasilkan menggunakan AI (Chat GPT), dengan modifikasi

Disimpan dalam lemari khusus
Menggunakan sistem kunci ganda
Akses terbatas
Pencatatan ketat (*logbook*)

Penyimpanan Obat Prekursor

Disimpan terpisah
Akses terbatas
Pencatatan penggunaan
Pengawasan Distribusi

Penyimpanan Obat-Obat Tertentu



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Kategori Obat Khusus
Obat *high alert*
Obat LASA (*Look Alike Sound Alike*)
Obat termolabil
Prinsip Penyimpanan
Label khusus
Pemisahan lokasi
Penyimpanan suhu khusus

16.6 PENYIMPANAN OBAT *HIGH ALERT*

Definisi

Obat *high alert* adalah obat yang memerlukan perhatian khusus dalam penyimpanan dan penggunaan karena memiliki potensi risiko tinggi terhadap keselamatan pasien.

Sistem Penyimpanan



Apotek Digital/facebook, dengan modifikasi

Penyimpanan terpisah	Obat *high alert* harus disimpan terpisah dari obat lain.
Pelabelan khusus	Menggunakan label mencolok (misalnya warna merah atau tulisan "*HIGH ALERT*")

Pembatasan akses	Hanya petugas tertentu yang dapat mengambil atau menggunakan obat tersebut
Standardisasi dan pengendalian	Termasuk penggunaan sistem FEFO/FIFO, *double check*, dan prosedur operasional standar
Pemisahan berdasarkan risiko tinggi:	Seperti KCl injeksi, Insulin, Antikoagulan, dan Obat sitostatika

Penyimpanan Obat Emergensi



JD MED/trends.medicalexpo, dengan modifikasi

Obat emergensi adalah obat yang digunakan dalam kondisi gawat darurat dan harus tersedia setiap saat. Keterlambatan atau kesalahan dalam penyimpanan dapat berdampak fatal.

Prinsip Penyimpanan
Disimpan dalam *emergency trolley*
Mudah diakses dan siap pakai
Diperiksa berkala dan susun sistematis

Penyimpanan Bahan Beracun dan Berbahaya (B3)



Putri/de.pinterest, dengan modifikasi

Bahan beracun dan berbahaya (B3) merupakan zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, penyimpanannya harus memenuhi standar keamanan yang ketat.

Prinsip Penyimpanan B3:
Disimpan di ruang khusus dengan Ventilasi baik dan Pengamanan akses
Menggunakan label bahaya
Memiliki MSDS (*Material Safety Data Sheet*)

16.7 DISTRIBUSI LOGISTIK FARMASI

Definisi

Distribusi logistik farmasi adalah proses penyaluran sediaan farmasi dari unit penyimpanan ke unit pelayanan atau langsung kepada pasien.

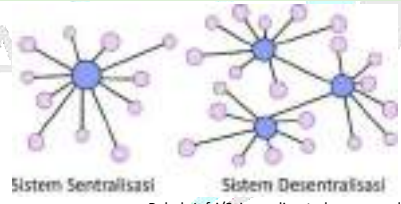
Sistem Distribusi Logistik Farmasi



TitaniaUtami/slideshare, dengan modifikasi

Sistem distribusi logistik farmasi adalah sebuah proses yang memastikan obat sampai ke pasien secara tepat, aman, dan sesuai terapi.

Sistem Sentralisasi & Desentralisasi



Rabab Jafri/Sciencedirect, dengan modifikasi

Sistem distribusi obat terbagi menjadi dua pendekatan, yaitu sentralisasi dan desentralisasi, yang memengaruhi pelayanan dan keselamatan pasien.

Sistem Sentralisasi	
Karakteristik	Terpusat di IFRS
	Kontrol lebih ketat
	Efisiensi pengelolaan stok
Kelebihan	Pengawasan mudah
	Mengurangi duplikasi stok
Kekurangan	Waktu pelayanan lebih lama
Sistem Desentralisasi	
Karakteristik	Farmasi tersedia di tiap unit
	Pelayanan lebih dekat ke pasien
Kelebihan	Pelayanan cepat
	Mendukung farmasi klinik
Kekurangan	Risiko duplikasi stok
	Kontrol lebih kompleks

Sistem Distribusi Obat Berdasarkan Penghantaran ke Penderita

Jenis Sistem Distribusi

1. ***Floor Stock System***



Raghavendra Hegde/youtube, dengan modifikasi

Obat tersedia di ruang perawatan
Digunakan sesuai kebutuhan
Mempermudah pelayanan darurat

2. ***Individual Prescription***



TitaniaUtami/slideshare, dengan modifikasi

Obat berdasarkan resep pasien
Lebih terkontrol
Mengurangi kesalahan

3. ***Unit Dose Dispensing* (UDD)**



online.pharmaciae, dengan modifikasi

Obat disiapkan per dosis pasien
Paling aman dan akurat
Memudahkan pemantauan penggunaan obat

Pengendalian Logistik Farmasi

Pengendalian logistik farmasi bertujuan untuk memastikan distribusi obat berjalan sesuai standar serta menghindari kesalahan dan kerugian.

Metode Pengendalian

- *Stock opname* berkala & Audit internal
- Monitoring penggunaan obat
- Sistem informasi farmasi

16.8 PENGHAPUSAN LOGISTIK FARMASI

Definisi

Penghapusan logistik farmasi adalah proses pengeluaran dan pemusnahan sediaan farmasi dari sistem persediaan karena Kadaluarsa, Rusak, Tidak memenuhi standar mutu, Tidak lagi digunakan

Alur Penghapusan Logistik Farmasi



ademahdiyyah1/slideshare, dengan modifikasi

Salah satu tahapan penting dalam siklus ini adalah pemusnahan (penghapusan), yaitu proses pengelolaan obat yang sudah kedaluwarsa, rusak.

Jenis Pencatatan Logistik Farmasi

Kartu Stok	Digunakan untuk mencatat keluar masuk obat
Buku Penerimaan dan Pengeluaran	Digunakan untuk mencatat transaksi logistik
Sistem Informasi Farmasi	Digunakan mencatat digital dan monitoring *real-time*

Jenis Laporan Logistik Farmasi

Laporan Pemakaian	Menunjukkan jumlah
Laporan Persediaan	Menunjukkan stok
Laporan Kadaluarsa	Mengidentifikasi obat ED
Laporan Khusus	TB, HIV, vaksin

Monitoring dan Evaluasi Manajemen Logistik Farmasi

Monitoring dan evaluasi merupakan proses penting untuk memastikan seluruh kegiatan logistik berjalan sesuai standar.

Tujuan Monitoring dan Evaluasi

- Menilai kinerja sistem logistik
- Mengidentifikasi masalah
- Meningkatkan efisiensi

Metode Monitoring

- Audit internal dan *Stock opname*
- Evaluasi penggunaan obat
- Review laporan

16.9 MANAJEMEN PPRA

Definisi

PPRA adalah program yang bertujuan untuk memastikan penggunaan antibiotik secara rasional, tepat indikasi, dosis, dan durasi.

Program ini juga menekankan pentingnya pemilihan antibiotik yang sesuai berdasarkan kondisi klinis pasien dan pola resistensi lokal.

PPRA diatur dalam Permenkes sebagai upaya mengendalikan resistensi antimikroba di fasilitas pelayanan kesehatan.

Komponen Program PPRA



Mikrobiologiklinikfkundip/pdsmk.fk.undip, dengan modifikasi

Komponen ini bekerja secara terintegrasi untuk memastikan penggunaan antibiotik yang sesuai dengan standar klinis serta meminimalkan risiko resistensi.

Strategi PPRA
Restriksi antibiotik tertentu
Review terapi antibiotik
Edukasi tenaga kesehatan

Kontribusi dalam PPRA

Peran Farmasi Klinik	
Kegiatan	**Tujuan**
Review obat	Ketepatan terapi
Monitoring	Efektivitas
Konseling	Kepatuhan pasien

Peran Tim PPRA Rumah Sakit	
Kegiatan	**Tujuan**
Penyusunan kebijakan antibiotik	Menjamin penggunaan antibiotik yang rasional.
Audit penggunaan antibiotik	Menekan kejadian resistensi antimikroba
Memantau pola resistensi kuman	Meningkatkan mutu dan keselamatan pasien

Peran Apoteker dalam Audit	
Kegiatan	**Tujuan**
Menilai ketepatan pemilihan antibiotik	Memastikan terapi antibiotik efektif & aman
Mengevaluasi dosis dan lama terapi	Mengurangi penggunaan yang tidak rasional
Rekomendasi perbaikan terapi	Mencegah terjadinya resistensi antimikroba

16.10 MANAJEMEN FARMASI DI PUSKESMAS DAN APOTEK

Manajemen Farmasi di Puskesmas



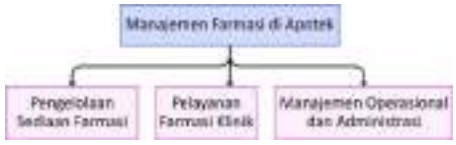
Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Manajemen farmasi di puskesmas berfokus pada pelayanan promotif, preventif, dan kuratif dasar yang terintegrasi dengan SKN.

Karakteristik
Menggunakan obat esensial nasional
Berbasis program kesehatan nasional
SDM terbatas dengan multi-peran
Terintegrasi dengan dinas kesehatan

Kegiatan Utama	
Komponen	**Penjelasan**
Perencanaan obat (LPLPO)	Menggunakan data konsumsi dan pola penyakit untuk menentukan kebutuhan obat
Penyimpanan	Menjaga mutu obat melalui suhu, kelembaban, dan FEFO.
Distribusi	Penyaluran obat ke unit pelayanan atau kepada pasien
Pelaporan	Dokumentasi penggunaan dan stok obat sebagai dasar evaluasi

Manajemen Farmasi di Apotek



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Apotek merupakan fasilitas pelayanan kefarmasian yang berinteraksi langsung dengan masyarakat. Pelayanan mencakup peny.erahan obat, informasi, dan edukasi kesehatan pasien.

Fungsi Apotek
Pelayanan resep dokter
Swamedikasi (pelayanan tanpa resep)
Konseling dan edukasi obat

Prinsip Pelayanan

Pelayanan kefarmasian di apotek harus mengacu pada prinsip penggunaan obat yang rasional yaitu Tepat obat, tepat dosis, tepat pasien

16.11 KEPUASAN PASIEN

Definisi

Kepuasan pasien adalah tingkat perasaan pasien setelah membandingkan pelayanan kefarmasian yang diterima dengan harapan, sehingga pelayanan yang sesuai meningkatkan kepuasan pasien.

Model Kepuasan Pasien

Indikator	Penjelasan
Reliability	Ketepatan pelayanan obat dan informasi kepada pasien
Responsiveness	Kecepatan membantu pasien
Assurance	Memberikan rasa aman
Empathy	Perhatian kebutuhan pasien

16.12 KESELAMATAN PASIEN

Definisi

Keselamatan pasien adalah sistem untuk mencegah cedera akibat kesalahan pelayanan kesehatan, termasuk kesalahan penggunaan obat.

Konsep Keselamatan Pasien



World Health Organization, dengan modifikasi

Identifikasi risiko adalah langkah awal dalam mencegah terjadinya insiden keselamatan pasien. Ini bertujuan untuk mengenali potensi kesalahan sebelum berdampak pada pasien, sehingga tindakan pencegahan dilakukan secara proaktif.

Jenis Medication Error



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

Faktor Risiko Keselamatan Pasien

Faktor	Risiko
LASA	Salah obat
High alert	Fatal jika salah
Resep tidak jelas	Kesalahan interpretasi

Strategi Pencegahan

Double check obat
Labelisasi yang jelas
Standardisasi prosedur (SOP)
Edukasi tenaga kesehatan
Penggunaan sistem digital

16.13 SISTEM INFORMASI MANAJEMEN FARMASI (SIMRS)

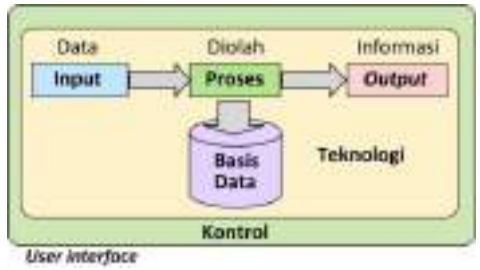
Definisi

SIMRS adalah sistem digital untuk mengelola seluruh proses pelayanan kefarmasian, mulai dari perencanaan, pengadaan, penyimpanan, distribusi, hingga pelaporan obat secara terintegrasi.

Fungsi Sistem Informasi

Manajemen stok obat
Pengelolaan resep elektronik
Pelaporan logistik
Monitoring penggunaan obat
Dokumentasi pelayanan farmasi klinik

Komponen SIMRS



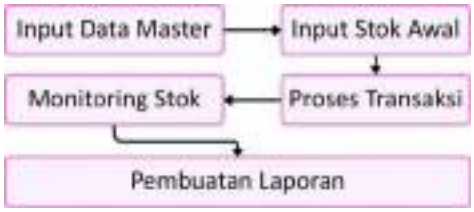
Jogiyanto, 2003, dengan modifikasi

16.14 SIMULASI PENGGUNAAN SIMRS

Definisi

Simulasi penggunaan software SIMRS adalah praktik penggunaan sistem digital dalam pengelolaan data obat dan pelayanan kefarmasian.

Alur SIMRS dalam Praktik



Ilustrasi oleh Penerbit Yapindo

- **Input Data Master**
  Tahap awal ini merupakan fondasi utama dalam sistem, karena seluruh proses selanjutnya bergantung pada kelengkapan dan akurasi data yang dimasukkan.
- **Input Stok Awal**
  Pada tahap ini dilakukan pencatatan kondisi stok aktual yang ada di fasilitas pelayanan. Data ini harus sesuai dengan kondisi fisik untuk menghindari ketidaksesuaian dalam sistem.
- **Proses Transaksi**
  Tahap ini merupakan inti dari pelayanan kefarmasian berbasis sistem digital, dimana terjadi interaksi langsung antara tenaga kefarmasian dan pasien melalui sistem.
- **Monitoring Stok**
  Monitoring dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan ketersediaan obat tetap optimal dan tidak terjadi kekosongan atau kelebihan stok.
- **Pembuatan Laporan**
  Tahap akhir dalam sistem adalah menghasilkan laporan yang digunakan sebagai dasar evaluasi dan pengambilan keputusan.

Kekurangan dan Keunggulan Penggunaan Software

Kekurangan	Mengurangi kesalahan manual
	Mempercepat proses pelayanan
Keunggulan	Data tersimpan secara sistematis dan terintegrasi
	Mendukung audit, pelaporan, dan pengambilan Keputusan

yapindo Leap Ahead

PROFIL PENULIS

Dr. apt. Sofia Rahmi, S.Farm., M.Si.



Penulis Dr. apt. Sofia Rahmi, S.Farm., M.Si. lahir di Medan pada 10 Mei 1987 dan berdomisili di Jl. Sei Bahorok Gg. Keplor No. 34, Medan. Penulis menempuh pendidikan S3 Farmasi. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen. Pesan untuk pembaca, "Kejar cita-cita sampai ke negeri jiran."

Dr. apt. Lusi Agus Setiani, M.Farm.



Penulis lahir di Bogor pada 26 Januari. Penulis menempuh pendidikan S3 Ilmu Farmasi di Universitas Indonesia. Dalam perjalanan kariernya, penulis berpengalaman sebagai dosen Program Studi Farmasi Universitas Pakuan, peneliti di bidang Farmakologi dan Farmasi Klinik, reviewer jurnal ilmiah nasional dan internasional, Kepala Instalasi Farmasi RS Asysyifaa, serta Ketua LPPM. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen.

Pesan untuk pembaca, "Buku ini disusun untuk membantu pembaca memahami cara berpikir yang tepat dalam menghadapi soal dan situasi manajerial yang sering muncul pada seleksi ASN apoteker. Melalui contoh kasus yang dekat dengan praktik di lapangan, pembaca diharapkan tidak hanya berfokus pada jawaban, tetapi juga memahami alasan di balik setiap keputusan yang diambil. Semoga buku ini dapat menjadi teman belajar yang ringkas, relevan, dan memberi bekal kepercayaan diri dalam mempersiapkan diri menjadi ASN yang profesional serta berorientasi pada pelayanan masyarakat."

apt. Tatiana Siska Wardani, S.Farm., M.Farm.



Penulis lahir di Sukoharjo pada 12 Januari 1988 dan berdomisili di Japanan Palur RT 03/RW 17, Mojolaban, Sukoharjo. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi, Profesi Apoteker, dan S2 di Universitas Setia Budi Surakarta. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen tetap Universitas Duta Bangsa Surakarta serta Apoteker Penanggung Jawab Apotek Gabukan Tanon, Sragen.

Pesan untuk pembaca, "Semoga setiap proses belajar yang dilakukan dapat membawa keberkahan, memperkuat kompetensi, dan membuka jalan menuju kesuksesan dalam dunia kefarmasian."

apt. Zedny Norachuriya, M.Farm.Klin.



Penulis lahir di Madiun pada 16 Agustus 1992 dan berdomisili di Ngawi, Jawa Timur. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi di Universitas Muhammadiyah Surakarta, melanjutkan Profesi Apoteker di universitas yang sama, serta menyelesaikan pendidikan S2 Farmasi Klinik di Universitas Airlangga. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen. Pesan untuk pembaca, "Semoga buku ini dapat memberikan manfaat, menumbuhkan rasa ingin tahu, dan menjadi bagian kecil dari perjalanan ilmu pengetahuan Anda. Saya menyadari karya ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga dengan rendah hati saya memohon maaf atas segala keterbatasan dalam penulisan."

apt. Puspita Raras Anindita, S.Farm., M.Farm-Klin.



Penulis lahir di Surabaya pada 12 Desember 1983 dan berdomisili di Jl. Ketintang Baru III No. 31, Surabaya. Penulis menempuh pendidikan S2 Farmasi Klinis. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen Farmasi di Universitas Anwar Medika. Pesan untuk pembaca, "Jangan takut untuk memulai hal baru, mulai dari belajar, lalu berusaha dan berdoa."

apt. Erma Yunita, M.Sc.



Penulis lahir di Bengkulu pada 26 Juli 1991 dan berdomisili di Puri Nirwana Pajangan, Bantul. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi di Universitas Islam Indonesia pada tahun 2009–2013, melanjutkan Profesi Apoteker di Universitas Islam Indonesia pada tahun 2013–2014, serta menyelesaikan pendidikan S2 Farmasi Sains dan Teknologi di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2015–2017. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen. Pesan untuk pembaca, "Ilmu farmasi adalah seni menyembuhkan, namun kimia farmasi analisis adalah sains yang memastikan kesembuhan itu berjalan dengan aman dan konsisten."

apt. Paisal Tanjung, S.Farm.



Penulis lahir di Cianjur pada 3 Desember 2000 dan berdomisili di Kp. Cikupa RT 001/RW 003, Desa Panyindangan, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat, Kode Pos 43271. Penulis menempuh pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Jenderal Achmad Yani. Saat ini, penulis berprofesi sebagai apoteker. Pesan untuk pembaca, "Terus belajar hingga akhir hayat."

apt. Dedi Hartanto, M.Sc.



Penulis lahir di Purbalingga pada 7 Oktober 1985 dan berdomisili di Komplek Andai Jaya Persada Blok G Jalur 3 No. 106, Banjarmasin. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada tahun 2003–2007, melanjutkan Profesi Apoteker di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada tahun 2008–2009, serta menyelesaikan pendidikan S2 Manajemen Farmasi di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010–2013. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen S1 Farmasi di Universitas Muhammadiyah Banjarmasin sejak tahun 2009 hingga sekarang. Pesan untuk pembaca, "Tuhan Yang Maha Esa

memberikan kita fitrah untuk membaca dan memahami ilmu-Nya dari mana saja, selama itu membawa kita semakin dekat kepada-Nya, itulah petunjuk-Nya. Semoga ini menjadi bagian untuk membawa Anda mendapatkan jalan-Nya."

apt. M.A. Hanny Ferry Fernanda, S.Farm., M.Farm.



Penulis lahir di Lamongan pada 26 Januari 1988 dan berdomisili di Jl. Rajawali VII/G-40, Rewwin, Waru, Sidoarjo. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi, Profesi Apoteker, dan S2 Ilmu Farmasi di Universitas Airlangga pada tahun 2006, 2010, dan 2016. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen. Pesan untuk pembaca, "Semoga buku ini dapat menjadi sumber belajar yang bermanfaat dalam memahami konsep-konsep kefarmasian secara komprehensif serta mendukung pengembangan kompetensi akademik dan profesional pembaca."

apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm.



Penulis lahir di Jakarta pada 14 Oktober 1980 dan berdomisili di Jl. Lenteng Agung RT 004/RW 02, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12610. Penulis menempuh pendidikan S2 Kefarmasian di Universitas Indonesia. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen. Pesan untuk pembaca, "Ketika doa dan segala upaya terbaik sudah dilakukan, insyaallah apa yang diharapkan akan tercapai bahkan melebihi dari yang terpikirkan."

apt. Andi Wijaya, M.Farm.



Penulis lahir di Bantul pada 31 Maret 1984 dan berdomisili di Sanggrahan RT 01, DK Bantul Karang, Ringinharjo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis menempuh pendidikan Sarjana (S-1) Farmasi di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada tahun 2007, melanjutkan Profesi Apoteker di universitas yang sama pada tahun 2008, serta menyelesaikan pendidikan Magister (S2) Farmasi di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta pada tahun 2018. Saat ini,

penulis berprofesi sebagai dosen pada Program Studi D3 Farmasi Akademi Farmasi Indonesia Yogyakarta.

Pesan untuk pembaca, “Selamat membaca dan menjelajahi dunia farmakognosi. Buku ini hadir bukan hanya untuk menambah pengetahuan, tetapi juga untuk mengajak pembaca memahami bahwa alam menyimpan begitu banyak pelajaran, potensi, dan manfaat yang luar biasa bagi kesehatan manusia. Setiap simplisia, setiap senyawa, dan setiap proses yang dipelajari dalam buku ini adalah bagian dari kekayaan ilmu yang layak dihargai dengan rasa ingin tahu, ketekunan, dan sikap ilmiah yang jujur. Penulis berharap buku ini dapat menjadi teman belajar yang menguatkan semangat pembaca untuk terus bertanya, meneliti, dan mengembangkan wawasan di bidang kefarmasian. Melalui buku ini, pembaca tidak hanya memahami konsep-konsep farmakognosi secara akademik, tetapi juga diharapkan tumbuh menjadi insan yang lebih peka, teliti, dan bijaksana dalam memanfaatkan kekayaan bahan alam demi kemajuan ilmu pengetahuan dan kesehatan masyarakat. Semoga pembaca dapat memanfaatkan buku ini dengan sikap kritis, terbuka, dan berorientasi pada pengembangan ilmu pengetahuan serta praktik kefarmasian yang bertanggung jawab.”

apt. Rolando Rahardjoputro, S.Farm., M.Farm.



Penulis lahir di Jakarta pada 9 Februari 1987 dan berdomisili di Pucangsawit, RT 003/RW 003, Jebres, Kota Surakarta. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Farmasi di Universitas Setia Budi Surakarta (lulus 2010), Program Studi Profesi Apoteker di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta (lulus 2012), serta Magister Farmasi Klinik di Universitas Muhammadiyah Surakarta (lulus 2020). Dalam perjalanan kariernya, penulis pernah menjabat sebagai Apoteker Penanggung Jawab di PT. Duta Kaisar Pharmacy (2014–2017) dan Apotek (2021–2024), serta saat ini berprofesi sebagai dosen tetap Program Studi Sarjana Farmasi Universitas Kusuma Husada Surakarta sejak 2021 hingga sekarang.

Pesan untuk pembaca, “Baca buku di kala senggang, pikiran fresh, fokus optimal. Dengan begitu kegiatan membaca lebih optimal dan ilmu yang terserap lebih maksimal.”

apt. Ulyati Ulfah, S.Farm., M.Farm.



Penulis lahir di Tarempa pada 24 Mei 1990 dan berdomisili di Kp. Bewak, Jayagiri, Lembang, Bandung Barat. Penulis menempuh pendidikan Sarjana Farmasi di Universitas Islam Bandung, melanjutkan Profesi Apoteker di Universitas Jenderal Achmad Yani, serta menyelesaikan Magister Farmasi Klinik di Universitas Padjadjaran. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen.
Pesan untuk pembaca, “Waktu tak pernah menunggu, jadi berjalanlah bersamanya.”

apt. Muh. Agus Salim, M.Farm.



Penulis lahir di Tawainalu pada tanggal 17 Agustus 1997 dan saat ini berdomisili di Perumahan Taman Gading, Jalan Kalimantan, Kecamatan Cilacap Selatan, Kabupaten Cilacap. Penulis menyelesaikan pendidikan magister (S2) di bidang Farmasi Klinis. Saat ini, penulis aktif sebagai dosen dan juga merupakan pemilik SASA GLOW.
Melalui karya ini, penulis menyampaikan pesan kepada para pembaca.Buku ini disusun dengan tujuan mendukung pemahaman peran strategis farmasi klinis dalam pelayanan kesehatan modern, sekaligus menguasai aspek manajerial yang penting dalam pengelolaan layanan farmasi yang efektif dan berkelanjutan. Kami berharap buku ini tidak hanya menjadi bacaan, tetapi juga menjadi pegangan dalam praktik sehari-hari—menginspirasi pembaca untuk terus meningkatkan kompetensi, etika profesional, dan pelayanan yang berorientasi pada pasien."

apt. Rurynta Ferly Shavira, M.Farm.



Penulis lahir di Pasuruan pada 25 Februari 1993 dan berdomisili di Jl. Bintaro Permai RT 006/RW 002, Kelurahan Pesanggrahan, Kecamatan Pesanggrahan, Jakarta Selatan. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi di Universitas Padjadjaran, melanjutkan Profesi Apoteker di Universitas Padjadjaran, serta menyelesaikan pendidikan S2 Farmasi di Universitas Indonesia. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen.
Pesan untuk pembaca, “Tidak ada usaha yang sia-sia. Teruslah semangat untuk mengejar mimpimu

dengan ikhtiar dan berdoa. Semoga buku ini bermanfaat dan membantu teman-teman semua dalam memperjuangkan cita-citanya."

apt. Vina Anasthasia Sagita, M.Farm.



Penulis lahir di Samarinda pada 8 Desember 1990 dan berdomisili di Kota Balikpapan. Penulis menempuh pendidikan S1 Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman, kemudian melanjutkan Profesi Apoteker di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta dan lulus pada tahun 2014. Setelah bekerja sebagai apoteker selama satu tahun, penulis melanjutkan pendidikan S2 Ilmu Kefarmasian dengan minat Farmasi Klinik di Universitas Indonesia dan lulus pada tahun 2018. Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen Farmasi Klinik di Program Studi DIII Farmasi Politeknik Nusantara Balikpapan. Pesan untuk pembaca, "Semoga buku ini menjadi pendamping belajar yang bermanfaat mengawali pengabdian sebagai Apoteker Aparatur Sipil Negara yang profesional dan berintegritas."Selamat belajar dan semoga sukses.

apt. Halimatusa'diyah, S.Farm., M.Kes.



Penulis lahir di Jambi pada 16 Mei 1983 dan berdomisili di Jl. Sari Bhakti, RT 39, Kelurahan Simpang Rimbo, Kecamatan Alam Barajo. Penulis menempuh pendidikan SD Negeri 40 Jambi (1989–1995), MTs Negeri Talang Bakung Kota Jambi (1995–1998), SMAN 2 Kota Jambi (1998–2001), Akademi Farmasi Jambi (2002–2005), STIKES Harapan Ibu Jambi (2009–2012), Universitas Kader Bangsa Palembang (2012–2014), serta pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Andalas Sumatera Barat (2015–2016). Saat ini, penulis berprofesi sebagai dosen sejak tahun 2012 hingga sekarang.

Pesan untuk pembaca, "Membaca adalah jendela dunia, semakin sering kita membukanya, semakin luas pula wawasan yang kita miliki."

DAFTAR PUSTAKA

Adomėnienė, A., & Venskutonis, P. R. (2022). Dioscorea spp.: Comprehensive review of antioxidant properties and their relation to phytochemicals and health benefits. Molecules, 27(8), 2530. https://doi.org/10.3390/molecules27082530

Alberts, B., Heald, R., Johnson, A., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2022). Molecular biology of the cell (7th ed.). W. W. Norton & Company.

Alila Medical Media. (2020). Cholinergic drugs – Pharmacology, animation [Video]. YouTube.

Angelita, F., & Saragih, H. (2025). Nanoemulsi campuran minyak flower musk dan minyak atsiri lili menggunakan surfaktan PEG-40 hydrogenated castor oil. Jurnal Fisika Unand, 14(6), 595–605.

Anisa, A., [Penulis lain perlu dilengkapi]. (2025). Analisis stabilitas kimia dan fisika parasetamol pada sediaan padat dan cair. Jurnal Riset Ilmu Kesehatan Umum dan Farmasi (JRIKUF), 3(3), 188–199.

Arif, Y., Singh, P., Bajguz, A., & Hayat, S. (2022). Phytoecdysteroids: Distribution, structural diversity, biosynthesis, activity, and crosstalk with phytohormones. International Journal of Molecular Sciences, 23(15), 8664. https://doi.org/10.3390/ijms23158664

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2025). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 24 Tahun 2025 tentang tata laksana persetujuan obat pengembangan baru. BPOM RI.

Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. (2024). Pedoman cara pembuatan obat yang baik (CPOB). BPOM RI.

Bashir, A., Nabi, M., Tabassum, N., Afzal, S., & Ayoub, M. (2023). An updated review on phytochemistry and molecular targets of Withania somnifera (L.) Dunal (Ashwagandha). Frontiers in Pharmacology, 14, 1049334. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1049334

Borsoi, F. T., Pastore, G. M., & Arruda, H. S. (2024). Health benefits of the alkaloids from lobeira (Solanum lycocarpum St. Hill): A comprehensive review. Plants, 13(10), 1396. https://doi.org/10.3390/plants13101396

Bruice, P. Y. (2020). Organic chemistry (8th ed.). Pearson.

Capellades, G., Bonsu, J. O., & Myerson, A. S. (2022). Impurity incorporation in solution crystallization: Diagnosis, prevention, and control. CrystEngComm, 24(11), 1989–2001. https://doi.org/10.1039/D1CE01420F

Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2020). Farmakope Indonesia (Edisi VI). Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan.

Elsyah, R. D. (2025). Pengantar komunikasi bisnis untuk manajemen: Panduan komprehensif dalam menguasai komunikasi secara efektif di setiap aktivitas bisnis. Anak Hebat Indonesia.

Fadhli, M., Hafidz, M. C., & Latifah, N. (2025). Studi stabilitas sediaan suspensi obat dalam kondisi suhu yang berbeda. Obat: Jurnal Riset Ilmu Farmasi dan Kesehatan, 3(4), 257–265.

Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2018). Kimia farmasi analisis. Pustaka Pelajar.

Handayani, S. (2021). Anatomi dan fisiologi tubuh manusia (Ed. 1). Penerbit Media Sains Indonesia.

Hariyansyah, M. F. (2025). Review formulasi emulsi dalam pengembangan sediaan farmasi. Jurnal Farmasi Sains dan Teknologi, 3(1), 20–29.

Hasina, R. (2025). Buku ajar anatomi dan fisiologi manusia (E. Damayanti, Ed.; Ed. 1). Widina Media Utama.

Katzung, B. G., & Vanderah, T. W. (2021). Basic & clinical pharmacology (15th ed.). McGraw Hill.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/1128/2022 tentang standar akreditasi rumah sakit. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A., & Martin, K. C. (2021). Molecular cell biology (9th ed.). W. H. Freeman.

Martini, F. H., Nath, J. L., & Bartholomew, E. F. (2024). Fundamentals of anatomy & physiology (12th ed.). Pearson.

Mendes, E., & Duarte, N. (2021). Mid-infrared spectroscopy as a valuable tool to tackle food analysis: A literature review on coffee, dairies, honey, olive oil and wine. Foods, 10(2), 477. https://doi.org/10.3390/foods10020477

Mescher, A. L. (2021). Junqueira's basic histology: Text and atlas (16th ed.). McGraw Hill.

Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). Lehninger principles of biochemistry (8th ed.). W. H. Freeman.

Newman, D. J., & Cragg, G. M. (2020). Natural products as sources of new drugs over the nearly four decades from 01/1981 to 09/2019. Journal of Natural Products, 83(3), 770–803. https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b01285

Patrick, G. L. (2017). An introduction to medicinal chemistry (6th ed.). Oxford University Press.

Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme. (2022). Recommendation on validation master plan, installation and operational qualification, non-sterile process validation and cleaning validation (PI 006-4). Pharmaceutical Inspection Co-operation Scheme.

Pramana, A., & Hakim, L. (2022). Analisis biofarmasetika dan produk biologi. Gadjah Mada University Press.

Priyambodo, B. (2021). Manajemen farmasi industri. Global Pustaka Utama.

Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2020). Rang & Dale's pharmacology (9th ed.). Elsevier.

Rodwell, V. W., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., & Weil, P. A. (2022). Harper's illustrated biochemistry (32nd ed.). McGraw Hill.

Runimeirati, & Sartika, A. D. (2022). Pelatihan presentasi ilmiah yang baik. Abdimas Langkanae, 2(2), 102–110.

Saifudin, Maryanto, & Suharyat, Y. (2024). Teknik pengambilan keputusan dalam berorganisasi. Nusra: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan, 5(1), 132–141.

Setiani, L. A., Zunnita, O., Koniah, E., & Sa'adah, A. (2025). Farmasi rumah sakit: Manajemen mutu, keselamatan pasien, dan transformasi digital. PT Bukuloka Literasi Bangsa.

Smith, J. G. (2022). Organic chemistry (6th ed.). McGraw Hill.

Smith, M. B. (2020). March's advanced organic chemistry: Reactions, mechanisms, and structure (8th ed.). Wiley.

Svehla, G. (1996). Vogel's qualitative inorganic analysis (7th ed.). Prentice Hall.

Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2023). Principles of anatomy and physiology (16th ed.). Wiley.

Vanderah, T. W. (2023). Katzung's basic & clinical pharmacology (16th ed.). McGraw Hill.

Wardhana, A. (2023). Sistem komunikasi kelompok dalam buku psikologi komunikasi. Media Sains Indonesia.

Watson, D. G. (2016). Pharmaceutical analysis: A textbook for pharmacy students and pharmaceutical chemists (3rd ed.). Elsevier.

Wohlgemuth, R. (2024). Enzyme catalysis. Molecules, 29(23), 5772. https://doi.org/10.3390/molecules29235772

World Health Organization. (2024). Communication skills: Facilitator guide: Module 05. World Health Organization.

Zhang, J., Li, X., & Chen, Y. (2021). Enzyme purification. Biochemical Engineering Journal. [Lengkapi volume, nomor, halaman, dan DOI jika tersedia].

Catatan

yapindo
Leap Ahead

yapindo
Leap Ahead

yapindo
Leap Ahead

Anggota Ikapi
627/DKI/2023

Buku Rangkuman Materi Farmasi membahas pokok-pokok penting dalam bidang farmasi yang disusun secara ringkas, sistematis, dan mudah dipahami. Buku ini dirancang untuk membantu pembaca memahami dasar-dasar ilmu farmasi, mulai dari pengenalan obat, bentuk sediaan farmasi, cara penggunaan obat yang tepat, hingga prinsip pelayanan kefarmasian dalam fasilitas kesehatan maupun masyarakat.

Pembahasan dalam buku ini mencakup materi dasar farmakologi, farmasetika, farmakognosi, kimia farmasi, teknologi sediaan, manajemen farmasi, serta pelayanan informasi obat. Selain itu, buku ini juga menguraikan aspek penting mengenai penggolongan obat, dosis, efek samping, interaksi obat, penyimpanan obat, serta peran tenaga farmasi dalam menjaga keamanan dan rasionalitas penggunaan obat.

Buku ini turut menekankan pentingnya ketelitian, tanggung jawab, dan kepatuhan terhadap standar pelayanan kefarmasian. Dengan penyajian yang padat dan aplikatif, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa farmasi, tenaga teknis kefarmasian, apoteker, pendidik, serta pembaca umum yang membutuhkan pemahaman dasar mengenai ilmu dan praktik farmasi.

ISBN 978-634-7752-88-8
9 786347 752888