



BUKU AJAR

Pengantar **BIOMEDIK**

Tim Penulis :

Ns. Elfina Natalia, M.Kep., Sp.Kep.A

Ns. Niken Ayu Merna Eka Sari, S.Kep., M.Biomed

Nishia Waya Meray, M.Si

Ns. Ni Luh Gede Puspita Yanti, S.Kep., M.Biomed

Tasbihul Anwar, S.Kep., Ns., M.Kep

apt. Teodhora, M.Farm

Dr. dr. Rinna Dwi Lestari, Sp.KFR., SH., MH., FISQua. AIFO-K., CH-CHt

Dr. dr. Dewa Putu Wisnu Wardhana, Sp.BS., Subsp.TB

SONPEDIA.COM

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

BUKU AJAR PENGANTAR BIOMEDIK

Tim Penulis :

Ns. Elfina Natalia, M.Kep., Sp.Kep.A
Ns. Niken Ayu Merna Eka Sari, S.Kep., M.Biomed
Nishia Waya Meray, M.Si
Ns. Ni Luh Gede Puspita Yanti, S.Kep., M.Biomed
Tasbihul Anwar, S.Kep., Ns., M.Kep
apt. Teodhora, M.Farm
Dr. dr. Rinna Dwi Lestari, Sp.KFR., SH., MH., FISQua. AIFO-K.,
CH-CHt
Dr. dr. Dewa Putu Wisnu Wardhana, Sp.BS., Subsp.TB

Penerbit

SONPEDIA.COM
PT. Sonpedia Publishing Indonesia

BUKU AJAR PENGANTAR BIOMEDIK

Tim Penulis :

Ns. Elfina Natalia, M.Kep., Sp.Kep.A
Ns. Niken Ayu Merna Eka Sari, S.Kep., M.Biomed
Nishia Waya Meray, M.Si
Ns. Ni Luh Gede Puspita Yanti, S.Kep., M.Biomed
Tasbihul Anwar, S.Kep., Ns., M.Kep
apt. Teodhora, M.Farm
Dr. dr. Rinna Dwi Lestari, Sp.KFR., SH., MH., FISQua. AIFO-K.,
CH-CHt
Dr. dr. Dewa Putu Wisnu Wardhana, Sp.BS., Subsp.TB

ISBN : 978-623-514-081-0

Editor :

Efitra

Penyunting :

Windi Gustiani

Desain sampul dan Tata Letak :

Yayan Agusdi

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166 Kota Jambi 36129 Telp. +6282177858344

Email : sonpediapublishing@gmail.com

Website : www.buku.sonpedia.com

Anggota IKAPI : 006/JBI/2023

Cetakan Pertama, Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan
cara Apapun tanpa ijin dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul ***“BUKU AJAR PENGANTAR BIOMEDIK”*** dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih bagi semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penerbitan buku ini.

Biomedik merupakan cabang ilmu yang memadukan prinsip-prinsip biologi dan teknik untuk menciptakan teknologi dan perangkat medis yang membantu dalam diagnosis, pengobatan, dan pemulihan pasien. Dalam dekade terakhir, biomedik telah mengalami perkembangan yang pesat, memberikan kontribusi besar terhadap peningkatan kualitas hidup manusia.

Buku Ajar ini disusun sebagai buku panduan komprehensif yang menjelajahi kompleksitas dan mendalamnya tentang ilmu biomedik. Buku ini dapat digunakan oleh pendidik dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di bidang biomedik dan diberbagai bidang Ilmu terkait lainnya. Selain itu, buku ini juga dapat digunakan sebagai panduan dan referensi mengajar mata kuliah pengantar biomedik dan menyesuaikan dengan rencana pembelajaran semester tingkat perguruan tinggi masing-masing.

Secara garis besar, buku ajar ini pembahasannya mulai dari definisi dan sejarah perkembangan biomedik, struktur dan fungsi sel, biokimia dasar, fisiologi manusia, patofisiologi, farmakologi dasar, etika dan regulasi dalam biomedik. Selain itu, materi mengenai tren dan masa depan biomedik juga dibahas secara mendalam. Buku ajar ini disusun secara sistematis, ditulis dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami, dan dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran.

Buku ini mungkin masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, saran dan kritik para pemerhati sungguh penulis

harapkan. Semoga buku ini memberikan manfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan dalam pembelajaran.

Samarinda, Agustus 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
KEGIATAN BELAJAR 1 DEFINISI DAN SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIK.....	1
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. DEFINISI	2
B. SEJARAH PERKEMBANGAN.....	2
C. RANGKUMAN	8
D. TES FORMATIF	9
E. LATIHAN.....	10
KEGIATAN BELAJAR 2 STRUKTUR DAN FUNGSI SEL	11
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. DEFINISI	12
B. STRUKTUR SEL	12
C. FUNGSI SEL	16
D. BAGIAN SEL DAN FUNGSINYA	17
E. PEMBELAHAN SEL.....	22
F. RANGKUMAN	25
G. TES FORMATIF	25
H. LATIHAN.....	27
KEGIATAN BELAJAR 3 BIOKIMIA DASAR	28
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENGANTAR BIOKIMIA	29
B. ASAM NUKLEAT	31
C. ASAM AMINO DAN PROTEIN.....	33
D. KARBOHIDRAT	37
E. LEMAK.....	39
F. RANGKUMAN	41

G. TES FORMATIF	42
H. LATIHAN.....	42
KEGIATAN BELAJAR 4 FISILOGI MANUSIA	43
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENGERTIAN FISILOGI MANUSIA	44
B. FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL	44
C. FISILOGI SISTEM PEREDARAN DARAH MANUSIA.....	46
D. FISILOGI SISTEM PERNAPASAN	48
E. FISILOGI SISTEM PENCERNAAN	49
F. FISILOGI SISTEM SARAF.....	52
G. FISILOGI SISTEM ENDOKRIN.....	54
H. FISILOGI SISTEM IMUNOLOGI	55
I. FISILOGI SISTEM LIMFATIK.....	57
J. FISILOGI SISTEM URINARIA	58
K. FISILOGI SISTEM REPRODUKSI	59
L. FISILOGI SISTEM INDERA.....	60
M. RANGKUMAN	62
N. TES FORMATIF	62
O. LATIHAN.....	61
KEGIATAN BELAJAR 5 PATOFISILOGI.....	62
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENGERTIAN PATOFISILOGI.....	63
B. DASAR DASAR PATOFISILOGI.....	63
C. KONSEP DASAR PENYAKIT INFEKSI	66
D. PATOFISILOGI PENYAKIT INFEKSI BAKTERI	67
E. PATOFISILOGI PENYAKIT INFEKSI VIRUS	68
F. PATOFISILOGI PENYAKIT INFEKSI JAMUR	69
G. PATOFISILOGI PENYAKIT INFEKSI PARASIT	71
H. KONSEP DASAR PENYAKIT DEGENERATIF.....	72

I. RINGKASAN.....	74
J. TES FORMATIF	74
K. LATIHAN.....	75
KEGIATAN BELAJAR 6 FARMAKOLOGI DASAR.....	76
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENDAHULUAN	77
B. PRINSIP DASAR FARMAKOLOGI.....	78
C. SISTEM SARAF PUSAT DAN OBAT-OBATANNYA.....	81
D. SISTEM SARAF OTONOM DAN OBAT-OBATANNYA.....	83
E. OBAT KARDIOVASKULAR	86
F. RANGKUMAN	89
G. TES FORMATIF	89
H. LATIHAN.....	90
KEGIATAN BELAJAR 7 BIOETIKA DAN REGULASI PADA BIOMEDIS.....	91
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENGANTAR BIOETIKA.....	92
B. PENDEKATAN TEORITIS DALAM BIOETIKA	99
C. ISU ETIKA DALAM PENELITIAN BIOMEDIS	101
D. BIOETIKA DALAM PRAKTIK KLINIS	105
E. BIOETIKA DALAM REGULASI PENELITIAN BIOMEDIS.....	108
F. HUKUM BIOMEDIS.....	110
G. TANTANGAN BIOETIKA DAN REGULASI BIOMEDIS DI MASA DEPAN	112
KEGIATAN BELAJAR 8 TREN DAN MASA DEPAN BIOMEDIK	114
DESKRIPSI,KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. RUANG LINGKUP BIOMEDIK DAN EVOLUSI TEKNOLOGI DALAM BIOMEDIK	115
B. TREN UTAMA DAN MASA DEPAN BIOMEDIK	115
C. RANGKUMAN	124
D. TES FORMATIF	125

E. LATIHAN.....	125
DAFTAR PUSTAKA	126
TENTANG PENULIS	136

KEGIATAN BELAJAR 1

DEFINISI DAN SEJARAH PERKEMBANGAN BIOMEDIK

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

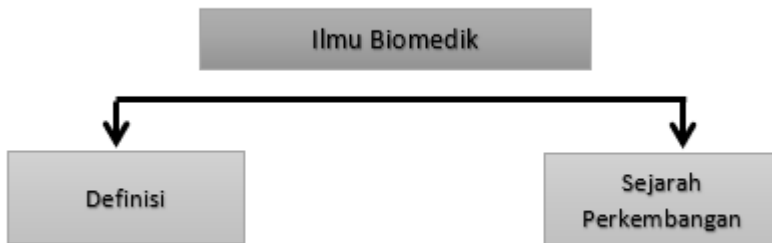
Pada bab ini mahasiswa mempelajari definisi dan sejarah perkembangan Biomedik. Diharapkan mahasiswa memiliki wawasan dan pemahaman untuk modal dasar mempelajari Ilmu Biomedik lebih lanjut.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mampu menguraikan definisi Biomedik.
2. Mampu menjelaskan sejarah perkembangan Biomedik

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. DEFINISI

Ilmu biomedis adalah seperangkat ilmu yang menerapkan sebagian dari ilmu alam atau ilmu formal, atau keduanya, untuk mengembangkan pengetahuan, intervensi, atau teknologi yang berguna dalam perawatan kesehatan atau kesehatan masyarakat.

Ilmu ini menjelaskan fenomena hidup pada tingkat molekul, sel, organ, dan organisme utuh, serta hubungannya dengan penyakit. Ilmu biomedik juga mencari dan mengembangkan bahan yang tepat untuk mencegah, mengobati, dan memulihkan kerusakan akibat penyakit.

Istilah biomedik berasal dari dua kata yaitu bios yang artinya hidup dan medicus yang artinya obat. Maksudnya adalah suatu ilmu dan tindakan pengobatan untuk mempertahankan hidup makhluk hidup dari penyakit.

B. SEJARAH PERKEMBANGAN

Sepanjang sejarah manusia, tenaga kesehatan dimasa lalu telah mengumpulkan dan menyempurnakan pengetahuan yang diwarisi. Ada beberapa jenis metode terapi telah dirancang selama periode sejarah, perkembangan metode ini yang akhirnya disebut sebagai "pengobatan ilmiah modern" pada masa itu. Pengobatan klasik telah mengalami perubahan menjadi cabang-cabang yang sempit dan terspesialisasi, hal ini menyebabkan pendekatan holistik dan pandangan umum tentang kesehatan, penyakit, dan metode terapeutik menjadi semakin menghilang. Berbagai jenis pengobatan tradisional telah dilupakan dan dihilangkan dari pengobatan utama.

Lahirnya ilmu biomedis berdasarkan pengamatan terhadap individu sakit secara langsung yang dibandingkan dengan individu sehat, ilmu biologi, kimia dan fisika membantu menjabarkan kondisi tersebut. Pada masa terdahulu, teori dan prinsip medis yang serupa

dipraktikkan di seluruh dunia terlepas dari perbedaan bahasa dan budaya.

Teori ini berdasarkan pengamatan terhadap kebiasaan yang lazim dilakukan. Hukum dan prinsip ini menganut konsep bahwa alam dan manusia disatukan oleh beberapa unsur dasar, dan cairan bersama dengan energi yang beredar di dalam tubuh manusia dan alam. Model alam dan tubuh manusia ini, meskipun tampak sederhana, memungkinkan berbagai penyakit diobati dengan menggunakan zat dan metode yang tersedia di lingkungan alami.

Perkembangan biomedik :

Perkembangan yang terdokumentasikan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengobatan tradisional Tiongkok

Di masa-masa awal tabib yang mempraktikkan pengobatan percaya bahwa energi dan darah bersirkulasi melalui saluran utama tubuh manusia menggunakan jalur khusus yang dikenal sebagai Jing Luo. Ini merupakan saluran utama komunikasi dan distribusi energi di dalam tubuh. Organ dalam (Zang Fu) berhubungan dengan berbagai jaringan di bagian permukaan tubuh. Melalui cara ini, memungkinkan adaptasi internal terhadap perubahan eksternal, yang menghubungkan area permukaan tubuh yang berbeda.

Filosofi pengobatan tradisional Tiongkok percaya bahwa segala proses dalam tubuh manusia berhubungan dan berinteraksi dengan lingkungan sekitar. Penyakit biasanya disebabkan oleh ketidakharmonisan antara lingkungan di dalam dan di luar tubuh manusia. Gejala ketidakseimbangan ini digunakan dalam pemahaman, pengobatan, dan pencegahan penyakit.

2. Kedokteran ilmiah modern pada zaman Avicenna

Abu Ali Ibn Sina (Avicenna, 980–1037) adalah seorang dokter terkenal di Timur Tengah. Dalam bukunya yang berjudul *The*

Canon of Medicine (Qanun fi Thib) ikhtisar semua pengetahuan medis digunakan pada masanya hingga sekarang. Itu sebabnya, Ibnu Sina dijuluki sebagai Bapak Kedokteran Modern.

Buku ini membahas tentang anatomi, etiologi (penyebab) dan gejala, kebersihan, kesehatan, penyakit dan kematian yang tak terhindarkan, nosologi terapeutik (klasifikasi penyakit) dan gambaran umum tentang rejimen dan perawatan diet.

3. Kedokteran ilmiah modern di Yunani kuno

Penyakit adalah masalah yang sangat serius bagi orang Yunani, seperti halnya semua orang lain di dunia kuno dan abad pertengahan. Satu dari tiga bayi meninggal sebelum berusia satu tahun. Setengah dari semua anak meninggal sebelum berumur sepuluh tahun. Bahkan kebanyakan orang yang tumbuh dewasa meninggal di usia empat puluhan dan lima puluhan.

a. Hippocrates (460–370 SM)

Dianggap sebagai bapak kedokteran di dunia barat, yang beranggapan bahwa kesehatan dibentuk oleh keadaan keseimbangan dari zat-zat (darah, dahak, dan empedu). Sebaliknya, penyakit adalah kondisinya ketidakseimbangan zat-zat tersebut.

Tingginya angka penyakit seperti pneumonia hingga tuberculosis di rumah sakit masih dianggap sebagai landasan pengobatan pada jaman ini.

b. Masa Renaisans (Abad XIV-XVIII)

Konsep kesehatan lain diusulkan oleh dokter dan cendekiawan terkemuka. Menurut Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, umumnya dikenal sebagai Paracelsus (1493-1541), kesehatan adalah harmonis antara mikrokosmos manusia dan makrokosmos seluruh alam semesta. Paracelsus tidak hanya dianggap berasal dari penyebab penyakit pada entitas yang berbeda -

yang ideal, yang spiritual, alami, beracun, dan planet, seperti yang dia tulis dalam “Opus Paramirum” (1531), tetapi juga prinsip-prinsip yang terdapat pada sulfur, merkuri, dan garam.

Dalam kasus patologi, membangun kembali keadaan kesehatan filosofis-fisik. Paracelsus meresepkan pengobatan yang berasal dari alkimia dan menyarankan penerapan konsep kesamaan secara luas sebagai prinsip kuratif (yang terkenal gagasan “similia similibus”).

Masih pada abad XVI, Girolamo Fracastoro (1478-1553) mengemukakan pandangan inovatif tentang kesehatan dan penyakit. Berdasarkan pengamatan penyakit menular yang banyak dan serius pada masanya, Fracastoro berhipotesis bahwa patologi ditentukan oleh transmisi “seminaria” (“benih” dari penyakit) yang menular dari orang sakit ke orang sehat yang melalui kontak langsung atau secara pribadi.

Gagasan mengenai “seminaria” ini mempunyai dampak yang besar dan tujuan prekursor kuman dan mikroba modern, secara khusus diuraikan oleh dokter dan ahli geologi Italia ini melalui pertimbangannya yang mendalam tentang terjadinya sifilis yang sering dan menghancurkan Konsep kesehatan dan penyakit yang dapat diidentifikasi dalam karya-karya Fracastoro diantisipasi, menurut beberapa orang sejarawan medis, penilaian “epidemiologi” modern terhadap patologi (menular) pada populasi besar.

Pada abad XVIII konsep kesehatan dan penyakit dikembangkan dan diperkaya oleh tokoh-tokoh lainnya seperti:

- 1) Giovanni Battista Morgagni (1682-1771) yang mempunyai teori bahwa mempertahankan kesehatan yang baik untuk menjadi status integritas klinis anatomis

organisme manusia. Seorang dokter dan ahli patologi termasyhur, ia menganggap penyakit sebagai hal yang paling penting perubahan anatomi satu atau lebih organ manusia tubuh, yang dia gambarkan secara akurat sebagai konsekuensinya dari ratusan pembedahan yang dilakukan secara pribadi.

- 2) John Brown (1735-1788), teori yang terkenal dengan “fisiologis”, yang menyampaikan gagasan bahwa kesehatan manusia tergantung pada interaksi antara internal rangsangan yang khas dari tubuh dan berbagai rangsangan eksternal, yang ia namakan “kekuatan yang menggairahkan”, yang mana organisme manusia menjadi sasaran dan yang secara alami untuk merespon.

Konsep terkenal tentang "sensibilitas", dan dia memberikan deskripsi tentang kapasitas otot kontraktile memperkuat teori ini.

- 3) Abad XIX muncul gagasan tentang kesehatan dan penyakit berdasarkan penelitian fisiologis dan anatomi. Claude Bernard (1813-1878), dianggap sebagai pionir penerapan prinsip-prinsip eksperimen pada ilmu kehidupan, menguraikan konsep “lingkungan internal” organisme, yang mengarah pada pemahaman selanjutnya homeostasis manusia. Bernard menyampaikan bahwa kesehatan dan penyakit sebagai entitas yang tidak terpisah secara kaku, namun tetap berjalan sebaliknya, sebagai dua komponen spektrum yang berkesinambungan, menggabungkan satu sama lain.

Rudolf Virchow (1821-1902), patut diingat untuk studi pioniristiknya pada sejumlah proses patologi. Tentang sel normal dan patologis.

- 4) Perkembangan teknik biomedik sebagai bagian dari ilmu biomedik. Ilmu biomedis sinergi antara bidang biologi dan kedokteran dengan berbagai ilmu dasar dan

rekayasa. Keahlian teknik biomedis berkaitan dengan rekayasa, sains dan teknologi. Beberapa dokumentasi terkait dengan perkembangan teknik biomedis dan ilmu biomedis. Diawali pada tahun 1816 penemuan baru dimulai dari penemuan stetoskop. Tidak awal dalam elektrofisiologi terjadi pada tahun 1848 ketika DuBois Reymond menerbitkan *Ueber die tierische Elektrizität* yang diakui secara luas.

Pada tahun 1895, Wilhelm Roentgen secara tidak sengaja menemukan bahwa tabung sinar katoda dapat membuat selembar kertas yang dilapisi dengan barium platinocyanide menjadi bercahaya, bahkan ketika tabung dan kertas berada di ruangan yang terpisah. Hal ini yang memacu untuk dilakukan rangkaian penelitian yang pada akhirnya menghasilkan serangkaian teknologi pencitraan medis modern.

Tahun 1921 antara Perang Dunia I dan Perang Dunia II sejumlah laboratorium melakukan penelitian di bidang biofisika dan teknik biomedik. Hal ini yang menjadi cikal bakal rekayasa biomedik yang saat ini berkembang pesat.

Pada tahun 2000, arkeolog Jerman menemukan mumi berusia 3.000 tahun dari Thebes dengan prostetik kayu yang diikatkan pada kakinya untuk berfungsi sebagai jempol kaki. Ditahun yang sama perkembangan besar terjadi pada akhir tahun 2000 terkait Pencitraan Biomedis dan Bioengineering.

5) Biomedik masa kini dan akan datang

Saat ini biomedik memiliki peran yang signifikan dalam kemajuan kesehatan. Banyak vaksin baru telah ditemukan, hal ini tentunya dengan bantuan proses rekayasa genetika. Kanker masih dianggap sebagai penyakit yang mematikan saat ini. Seiring waktu, ada

beberapa jenis obat dari teknologi biomedis yang mampu memberikan efek penuh pada pasien kanker. Memaksimalkan penggunaan mikro bakteri dan nanobakteri.

Penggunaan teknologi biomedik digunakan untuk memperpanjang kehidupan manusia. Penerapan teknologi ini seperti alat pacu jantung. Ini adalah perangkat yang digunakan untuk pasien penyakit jantung coroner. Proses operasi pasien secara digital, dengan persentase tingkat kegagalan operasi yang tinggi bagi pasien. Pemberian asam amino melalui infus untuk mengurangi rasa sakit atau efek parsial lainnya dapat membantu proses operasi berjalan lebih efektif dan efisien.

Pengembangan ilmu biomedik sendiri akan terus berinovasi sebagai langkah sentral dalam merancang terapi dan perawatan canggih untuk industri kesehatan.

C. RANGKUMAN

Berdasarkan uraian di atas di mulai dari definisi Ilmu biomedik adalah seperangkat ilmu yang menerapkan sebagian dari ilmu alam atau ilmu formal, atau keduanya, untuk mengembangkan pengetahuan, intervensi, atau teknologi yang berguna dalam perawatan kesehatan atau kesehatan masyarakat. Ilmu ini menjelaskan fenomena hidup pada tingkat molekul, sel, organ, dan organisme utuh, serta hubungannya dengan penyakit. Ilmu biomedik juga mencari dan mengembangkan bahan yang tepat untuk mencegah, mengobati, dan memulihkan kerusakan akibat penyakit.

Selanjutnya pada penjelasan berikutnya membahas terkait perkembangan ilmu biomedik dimana menjadi ujung tombak

kemajuan dibidang kesehatan, terutama dalam hal penemuan terapi baru untuk penyembuhan penyakit. Sepanjang sejarah manusia, tenaga kesehatan dimasa lalu telah mengumpulkan dan menyempurnakan pengetahuan yang diwarisi. Ada beberapa jenis metode terapi telah dirancang selama periode sejarah, perkembangan metode ini yang akhirnya disebut sebagai "pengobatan ilmiah modern" pada masa itu.

Lahirnya ilmu biomedik berdasarkan pengamatan terhadap individu sakit secara langsung yang dibandingkan dengan individu sehat, ilmu biologi, kimia dan fisika membantu menjabarkan kondisi tersebut. Pada masa lalu, teori dan prinsip medis yang serupa dipraktikkan di seluruh dunia terlepas dari perbedaan bahasa dan budaya. Teori ini berdasarkan pengamatan terhadap kebiasaan yang lazim dilakukan. Hukum dan prinsip ini menganut konsep bahwa alam dan manusia disatukan oleh beberapa unsur dasar, dan cairan bersama dengan energi yang beredar di dalam tubuh manusia dan alam. Model alam dan tubuh manusia ini, meskipun tampak sederhana, memungkinkan berbagai penyakit diobati dengan menggunakan zat dan metode yang tersedia di lingkungan alami.

D. TES FORMATIF

1. Perkembangan ilmu Biomedik pada masa Renaisans dimulai pada abad?
 - a) **XIV**
 - b) XI
 - c) IV
 - d) X
 - e) V

2. Apakah peran Ilmu Biomedik dalam dunia kesehatan?
- a) Awal mula peradapan
 - b) Perubahan bentuk
 - c) Keseimbangan
 - d) Harmonisasi
 - e) Terapi

E. LATIHAN

Jelaskan sejarah perkembangan ilmu biomedik!

KEGIATAN BELAJAR 2

STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

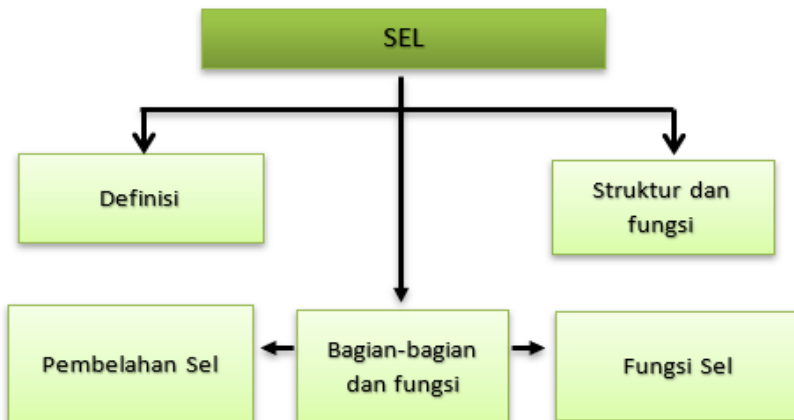
Bab ini memberikan kemampuan kepada mahasiswa untuk mempelajari konsep teori tentang struktur dan fungsi sel mulai definisi struktur, bagian, fungsi sel dan proses perkembangbiakan sel, sehingga mahasiswa mampu mendeskripsikan keragaman pada sistem organisme kehidupan mulai dari tingkat sel sampai organisme.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan definisi sel.
2. Memahami dan menguraikan struktur sel.
3. Menguraikan fungsi dari sel.
4. Memahami dan menguraikan bagian-bagian dari sel dan fungsinya.
5. Memahami dan menjelaskan pembelahan sel.

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



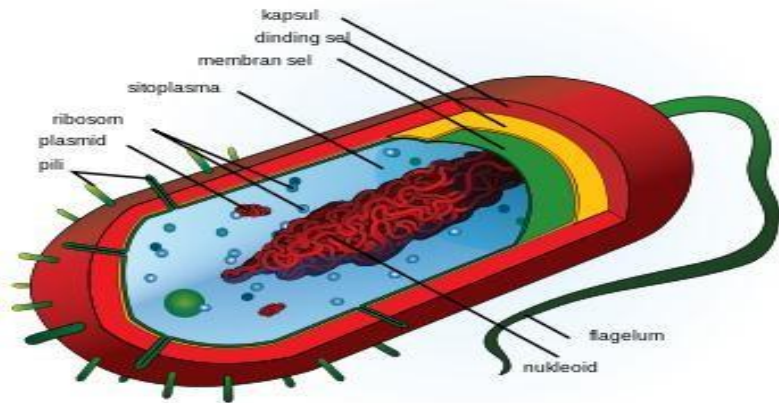
A. DEFINISI

Sel adalah unit atau bagian terkecil dari organisme hidup yang tidak dapat diamati secara langsung dengan indera mata namun membutuhkan alat bantu. Satuan terkecil ini meliputi satuan struktural dan fungsional. Umumnya sel berukuran sangat kecil, untuk melihatnya perlu bantuan mikroskop. Namun ada beberapa sel yang dapat dilihat dengan mata telanjang misalnya sel telur burung. Sel pertama kali ditemukan oleh Robert Hooke pada tahun 1665 (abad 19). Hooke menyebut “sel” untuk menggambarkan struktur seperti kotak sarang lebah atau sel-sel sebuah penjara dari pengamatan pada gabus. Pada abad XIX, Theodor Schwann dan Mathias Jacob Schleiden (ahli fisiologi Jerman) menyatakan bahwa makhluk hidup dari yang paling sederhana sampai yang paling kompleks hamper sepenuhnya tersusun dari sel. Sel tersebut berperan penting dalam semua kegiatan hidup.

B. STRUKTUR SEL

Sel berfungsi untuk menjalankan fungsi kehidupan (menyelenggarakan kehidupan jika sel-sel penyusunnya berfungsi), kemudian membentuk organisme. Setiap organisme yang terbentuk tersusun atas salah satu dari dua jenis sel yang secara struktur memiliki perbedaan. Kedua sel tersebut yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Prokariotik adalah sel yang tidak memiliki membran inti, contohnya bakteri dan alga biru. Sedangkan eukariotik adalah sel yang memiliki membran pelindung material inti.

1. Sel prokariotik

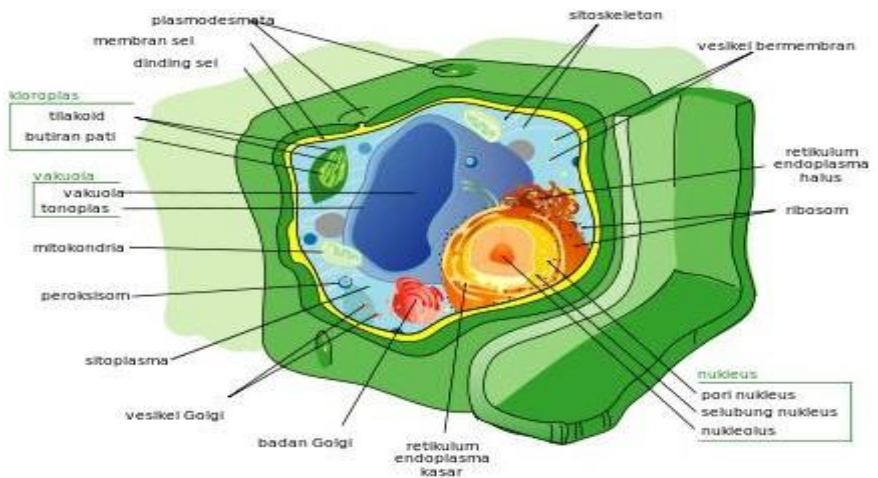


Gambar 2.1 : sel prokariotik

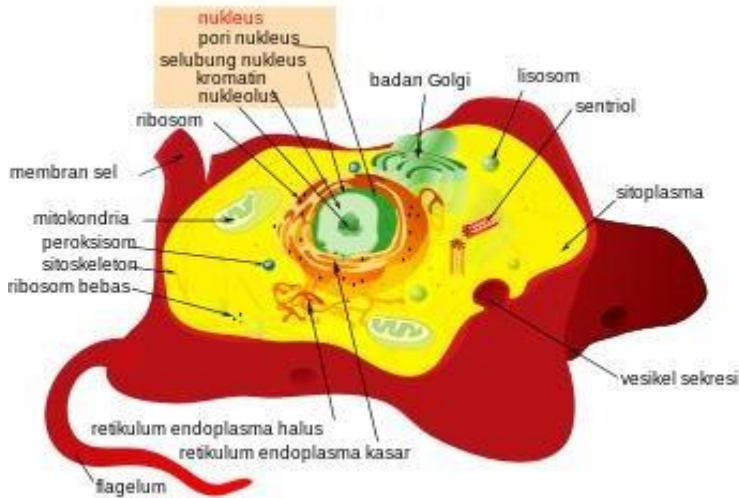
Sel prokariota tidak memiliki membran yang memisahkan DNA dengan bagian sel lainnya dan daerah tempat DNA terkonsentrasi di sitoplasma disebut nukleoid. Kebanyakan prokariota merupakan organisme uniseluler dengan sel berukuran kecil (diameter 0,7-2,0 μm dan volumenya sekitar 1 μm^3). Sel prokariota umumnya terdiri dari selubung sel, membrane sel, sitoplasma, nukleoid dan beberapa struktur lain. Hampir semua sel prokariotik memiliki selubung sel di luar membrane selnya. Jika selubung tersebut mengandung suatu lapisan kaku yang terbuat dari karbohidrat atau kompleks karbohidrat-protein, peptidoglikan, lapisan itu disebut sebagai dinding sel. Kebanyakan bakteri memiliki suatu membran luar yang menutupi lapisan peptidoglikan, dan ada pula bakteri yang memiliki selubung sel dari protein. Sementara itu, kebanyakan selubung sel arkea berbahan protein, walaupun ada juga yang berbahan peptidoglikon. Selubung sel prokariota mencegah sel pecah akibat tekanan osmotik pada lingkungan yang memiliki konsentrasi lebih rendah dari pada isi sel.

Sejumlah prokariota memiliki struktur lain di luar selubung selnya. Banyak jenis bakteri memiliki lapisan di luar dinding sel yang disebut kapsul yang membantu sel bakteri melekat pada permukaan benda dan sel lain. Kapsul juga dapat membantu sel bakteri menghindari sel kekebalan tubuh manusia jenis tertentu. Selain itu, sejumlah bakteri melekat pada permukaan benda dan sel lain dengan benang protein yang disebut pilus dan fimbria. Prokariota umumnya memiliki satu molekul DNA dengan struktur lingkaran yang terkonsentrasi pada nukleat. Selain itu, prokariota sering kali juga memiliki bahan genetik tambahan yang disebut plasmid yang juga berstruktur DNA lingkaran. Pada umumnya, plasmid tertentu yang memberikan keuntungan tambahan pada keadaan tertentu, misalnya resistansi terhadap antibiotik. Prokariota juga memiliki sejumlah protein struktural yang disebut sitoskeleton.

2. Sel eukariotik



Gambar 2.2 : sel tumbuhan



Gambar 2.3 : sel hewan

Sel eukariota merupakan sel yang memiliki nukleus. Diameter sel eukariota sekitar 10 hingga 100 μm , sepuluh kali lipat lebih besar daripada bakteri. Sitoplasma eukariota adalah daerah di antara nukleus dan membran sel. Sitoplasma terdiri dari medium semi cair yang disebut sitosol, yang di dalamnya terdapat organel-organel dengan bentuk dan fungsi terspesialisasi serta sebagian besar tidak dimiliki prokariota. Kebanyakan organel dibatasi oleh satu lapis membran, namun ada pula yang dibatasi oleh dua membrane misalnya nukleus.

Selain nukleus, sejumlah organel lain dimiliki hampir semua sel eukariota yaitu :

- mitokondria, ini merupakan tempat sebagian besar metabolisme energi sel terjadi.
- Retikulum endoplasma yaitu suatu jaringan membran tempat sintesis glikoprotein dan lipid.
- Badan golgi, yang memiliki fungsi untuk mengarahkan hasil sintesis sel ke tempat tujuannya.
- Peroksisom, tempat perombakan asam lemak dan asam amino.

C. FUNGSI SEL

Sel memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Metabolisme

Metabolisme adalah seluruh rangkaian dari reaksi kimia yang terjadi pada makhluk hidup sehingga mampu untuk melakukan aktivitasnya. Sebagian besar reaksi kimia tersebut terjadi di dalam sel. Metabolisme yang terjadi di dalam sel dapat berupa reaksi katabolik, yaitu perombakan senyawa kimia untuk menghasilkan energi maupun untuk dijadikan bahan pembentukan senyawa lain dan reaksi anabolik yaitu reaksi penyusunan komponen sel. Salah satu proses katabolik yang merombak molekul makanan untuk menghasilkan energi di dalam sel ialah respirasi seluler yang sebagian besar berlangsung di dalam mitokondria atau sitosol prokariota dan menghasilkan ATP. Sementara itu, contoh proses anabolik ialah sintesis protein yang berlangsung pada ribosom dan membutuhkan ATP.

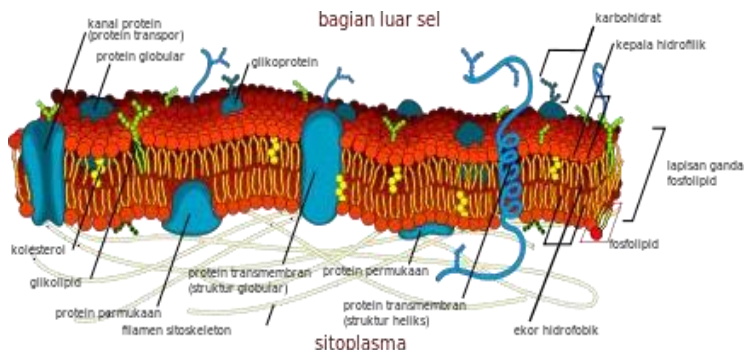
2. Komunikasi sel

Sel berfungsi untuk menerima dan mengirimkan sinyal dari satu sel ke sel yang lain, menentukan interaksi antarorganisme uniseluler serta mengatur fungsi dan perkembangan tubuh organisme multiseluler. Komunikasi sel terdiri dari proses transfer sinyal antarsel dalam bentuk molekul atau aktivitas listrik, dan transduksi sinyal di dalam sel target ke molekul yang menghasilkan respons sel. Mekanisme transfer sinyal dapat terjadi dengan kontak antarsel, penyebaran molekul sinyal ke sel yang berdekatan, penyebaran molekul sinyal ke sel yang jauh melalui saluran, atau perambatan sinyal listrik ke sel yang jauh. Selanjutnya molekul sinyal menembus membrane secara langsung, melewati kanal protein atau melekat pada reseptor berupa protein transmembran pada permukaan sel target dan memicu transduksi sinyal di dalam sel.

D. BAGIAN SEL DAN FUNGSI NYA

Sel dibedakan menjadi tiga bagian utama yaitu :

1. Membrane sel



Gambar 2.4 : membrane sel

Membrane sel merupakan bagian paling luar yang membungkus sel. Bagian ini berfungsi untuk mengatur keluar masuknya zat dari dan ke dalam sel dan melindungi seluruh isi sel (protoplasma). Membrane sel ini memiliki sifat semipermeabel yang artinya hanya dapat dilalui oleh air dan zat-zat tertentu seperti cairan, gas atau zat padat terlarut secara osmosis dan difusi, molekul atau ion tertentu. Perpindahan molekul atau ion melewati membran ada dua macam yaitu transport pasif dan aktif. Transport pasif yaitu perpindahan molekul tanpa menggunakan energi sel. Perpindahan tersebut terjadi secara spontan dari konsentrasi tinggi ke rendah. Sedangkan transport aktif yaitu perpindahan molekul menggunakan energi dari sel itu.

2. Sitoplasma

Sitoplasma adalah cairan yang mengisi ruang antara membran sel dan inti sel. Di dalam sitoplasma terdapat struktur-struktur khusus yang disebut dengan organel dan vakula (rongga sel). Organel yang terdapat di dalam sitoplasma antara lain :

- a) Ribosom. Ribosom adalah partikel bulat yang memiliki fungsi sebagai tempat pembentukan protein. Ribosom sendiri tersusun atas jenis protein dan sejumlah molekul RNA. Ribosom pada sel eukariota lebih besar daripada pada sel prokariota, namun keduanya memiliki kemiripan dalam hal struktur dan fungsi. Pada eukariota, ribosom dapat ditemukan bebas di sitosol atau terikat pada bagian luar retikulum endoplasma. Sebagian besar protein yang diproduksi ribosom bebas akan berfungsi di dalam sitosol, sementara ribosom terikat umumnya membuat protein yang ditujukan untuk dimasukkan ke dalam membran, untuk dibungkus di dalam organel tertentu seperti lisosom atau dikirim ke luar sel. Ribosom bebas dan terikat memiliki struktur identik dan dapat saling bertukar tempat.
- b) Retikulum endoplasma
Bagian ini merupakan perluasan selubung nukleus yang terdiri dari jaringan saluran bermembran dan vesikel yang saling terhubung. Retikulum endoplasma memiliki dua bentuk yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus. Disebut retikulum endoplasma kasar karena bagian permukaannya banyak ditempeli oleh ribosom. Ribosom ini bertugas untuk mensintesis protein yang akan ditujukan ke bagian dalam retikulum endoplasma yang disebut lumen. Di dalam lumen protein akan mengalami pelipatan dan dimodifikasi misalnya menjadi glikoprotein. Selanjutnya protein tersebut akan dipindahkan ke bagian vesikel kecil dari retikulum endoplasma, salah satunya badan golgi. Badan golgi ini akan mengemas dan memilah protein untuk diantarkan ke tujuan akhirnya. Retikulum endoplasma halus tidak memiliki ribosom pada permukaannya. Bagian ini memiliki fungsi dalam sintesis lipid komponen membrane sel. Pada jenis sel tertentu seperti sel hati, membrane retikulum endoplasma halus mengandung enzim yang mengubah obat-obatan, racun,

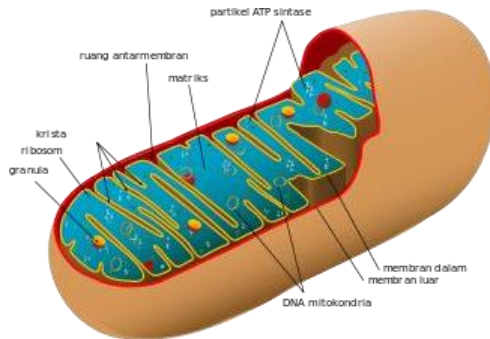
dan produk sampingan beracun dari metabolisme sel menjadi senyawa-senyawa yang kurang beracun atau lebih mudah untuk dikeluarkan dari dalam tubuh.

c) Badan golgi

Badan golgi berasal dari nama penemunya yaitu Camillo Golgi. Badan golgi berfungsi sebagai alat pengeluaran yang tersusun dari setumpuk kantong pipih dari membran yang disebut sisterna. Dalam satu organisme biasanya terdapat tiga sampai delapan sisterna tetapi ada juga organisme yang memiliki puluhan sisterna. Jumlah dan ukuran badan golgi berbeda-beda tergantung dari jenis sel dan aktivitas metabolismenya. Sel yang aktif dalam mensekresi protein dapat memiliki ratusan badan golgi. Bagian ini biasanya terletak antara retikulum endoplasma dan membran plasma.

Bagian sisi badan golgi yang paling dekat dengan nucleus disebut dengan sisi cis, sedangkan bagian yang paling jauh disebut sisi trans. Saat protein tiba di sisi cis, selanjutnya akan dimasukkan ke dalam lumen. Di dalam lumen protein tersebut akan dimodifikasi. Badan golgi mengatur pergerakan berbagai jenis protein, ada yang disekresi ke luar sel, digabungkan ke membrane plasma sebagai protein transmembrane, dan ada pula yang ditempatkan di dalam lisosom. Protein yang disekresikan dari sel diangkut ke membrane plasma di dalam vesikel sekresi, yang melepaskan isinya dengan cara bergabung dengan membran plasma dalam proses eksositosis. Proses sebaliknya, endositosis dapat terjadi bila membran plasma mencekung ke dalam sel dan membentuk vesikel endositosis yang dibawa ke badan golgi atau tempat lain misalnya lisosom.

d) Mitokondria



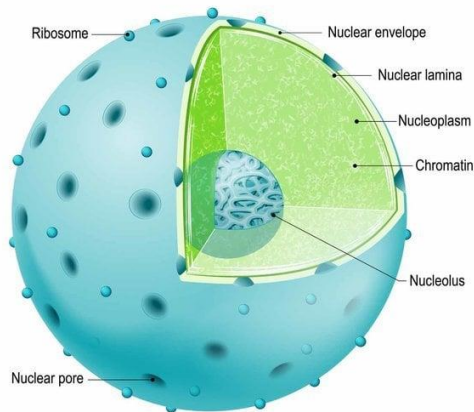
Gambar 2.5 : mitokondria

Mitokondria banyak terdapat pada sel-sel yang memerlukan energi, misalnya sel hati, otot dan saraf. Sebagian besar sel eukariota mengandung banyak mitokondria, yang menempati sampai 25 persen volume sitoplasma. Organel ini termasuk organel yang besar, secara umum hanya lebih kecil dari nukleus, vakuola dan kloroplas. Organel ini memiliki dua macam membran, yaitu membran luar dan membran dalam yang dipisahkan oleh ruang antar membran. Luas permukaan membran dalam lebih besar daripada membran luar.

Mitokondria adalah tempat berlangsungnya respirasi seluler, yaitu proses kimiawi yang memberi energi pada sel. Karbohidrat dan lemak merupakan contoh molekul makanan berenergi tinggi yang dipecah menjadi air dan karbon dioksida oleh reaksi-reaksi di dalam mitokondria dengan pelepasan energi. Kebanyakan energi yang dilepas dalam proses itu ditangkap oleh molekul yang disebut ATP. Mitokondria inilah sebagai penghasil ATP sel. Energi kimia ATP ini nantinya akan digunakan untuk menjalankan berbagai reaksi kimia dalam sel. Sebagian besar tahap pemecahan molekul makanan dan pembuatan ATP tersebut

dilakukan oleh enzim-enzim yang terdapat di dalam krista dan matriks mitokondria.

3. Nukleus atau inti sel



Gambar 2.6 : Nukleus

Sebagian besar gen yang mengendalikan sel eukariota terdapat di dalam nukleus, sebagian gen lainnya terdapat di dalam mitokondria dan kloroplas. Kloroplas merupakan salah satu jenis organel yang disebut plastid pada tumbuhan dan alga. Nukleus memiliki diameter rata-rata 5 μm , organel ini umumnya adalah organel yang paling mencolok dalam sel eukariota. Kebanyakan sel memiliki satu nukleus, namun ada pula yang memiliki banyak nukleus, seperti sel otot rangka dan ada pula yang tidak memiliki nukleus seperti sel darah merah matang yang kehilangan nukleusnya saat berkembang.

Bagian yang memisahkan nukleus dengan isinya dari sitoplasma dinamakan selubung nukleus. Selubung ini terdiri dari dua membran yang masing-masing merupakan lapisan ganda lipid dengan protein terkait. Membran luar dan dalam selubung nukleus dipisahkan oleh ruangan sekitar 20-40 nm.

Selubung nukleus memiliki sejumlah pori yang memiliki diameter sekitar 100 nm dan pada bibir pori kedua membran selubung nukleus menyatu. Di dalam nucleus DNA terorganisasi bersama dengan protein menjadi kromatin. Pada saat sel siap untuk membelah, kromatin kusut yang berbentuk benang akan menggulung menjadi cukup tebal untuk dibedakan melalui mikroskop sebagai struktur terpisah yang disebut kromosom.

Bagian struktur yang menonjol di dalam nukleus sel yang sedang tidak membelah adalah nukleolus, yang merupakan tempat sejumlah komponen ribosom disintesis dan dirakit. Komponen-komponen ini kemudian dilewatkan melalui pori nukleus ke sitoplasma, tempat semuanya bergabung menjadi ribosom. Kadang-kadang terdapat lebih dari satu nukleolus, bergantung pada spesiesnya dan tahap reproduksi sel tersebut. Nukleus mengendalikan sintesis protein di dalam sitoplasma dengan cara mengirim molekul pembawa pesan berupa RNA, yaitu mRNA yang disintesis berdasarkan pesan gen pada DNA. RNA ini lalu dikeluarkan ke sitoplasma melalui pori nucleus dan melekat pada ribosom, tempat pesan genetik tersebut diterjemahkan menjadi urutan asam amino protein yang disintesis.

E. PEMBELAHAN SEL

Pembelahan sel adalah proses sel untuk membelah diri menjadi dua atau lebih. Proses ini merupakan cara sel untuk memperbanyak diri dengan tujuan untuk regenerasi sel-sel yang rusak, membantu proses pertumbuhan dan perkembangan, membantu proses perkembangbiakan (reproduksi) dan variasi individu baru.

Berikut jenis-jenis pembelahan sel yaitu :

1. Pembelahan amitosis

Pembelahan amitosis adalah pembelahan yang terjadi secara langsung. Satu sel akan membelah menjadi dua sel yang memiliki ukuran dan materi genetic yang sama. pembelahan ini diawali dengan menempelnya kromosom pada dinding sel, kemudian ukuran sel akan membesar bersamaan dengan replikasi DNA. Setelah DNA baru terbentuk, sel akan mencapai ukuran maksimum dan akan membelah menjadi dua bagian. Pembelahan ini umumnya terjadi pada organisme yang tidak memiliki inti sel (prokariotik), contohnya bakteri. Namun dapat juga terjadi pada sel eukariotik contohnya yaitu protozoa.

2. Pembelahan mitosis

Pembelahan mitosis terjadi pada sel-sel tubuh makhluk hidup. Pada tumbuhan terjadi pada jaringan meristem, contohnya pada ujung tunas batang atau ujung akar. Tahapan dalam pembelahan mitosis antara lain :

- a) Profase, rusaknya membrane inti menjadi fragmen kemudian membentuk benang kromatin lalu kromatin memadat sehingga membentuk kromosom yang akan menuju ke titik tengah sel.
- b) Metaphase, benang gelondong mulai nampak jelas. Kromosom akan berjalan sejajar di runag ekoator sel, lalu benang-benang akan muncul hingga kutub namun tidak melekat pada sentromer. Selanjutnya sentromer melakukan pembelahan sehingga membentuk suatu kromatid yang kemudian membentuk kromosom tunggal.
- c) Anafase, pemisahan kromosom menjadi dua bagian yang sama dengan arah yang berbeda.
- d) Telofase, tahap akhir dimana kromosom sudah terletak pada kutub maka nucleus akan muncul kembali. Lalu kromatid akan menghilang pada saat sitoplasma tebal. Setelah itu membrane yang ada pada sel akan memisah dari dua sel yang ada sebelumnya.

3. Pembelahan meiosis

Pembelahan miosis adalah pembelahan sel yang menghasilkan sel anakan dengan jumlah kromosom yang dihasilkan setengah dari kromosom sel induk. Pembelahan ini hanya terjadi pada sel kelamin. Pembelahan miosis terdiri dari dua tahapan yaitu miosis I dan meiosis II.

a) Tahapan pembelahan meiosis I

Profase 1 (benang-benang kromatin akan mengalami suatu proses pemendekan dan penebalan sehingga dapat membentuk suatu kromosom), metaphase 1 (kromosom akan bergerak menuju ke bagian bidang ekuator), anafase 1 (kromosom bersifat homolog akan berpisah lalu bergerak ke bagian kutub yang saling berseberangan) dan telophase 1 (terjadi proses sitokinesis sehingga akan terbentuk dua buah sel. Masing-masing sel pada bagian yang mempunyai satu buah inti dengan bagian sebelah dari kromosom yang bersifat homolog).

b) Tahapan pembelahan meiosis II

Profase 2 (diawali dengan adanya proses pembelahan sel yang terjadi pada dua buah sentriol, sehingga menjadi dua buah bagian dan bergerak menuju ke bagian kutub yang saling berlawanan arah), metaphase 2 (bagian kromatid akan bergerak menuju ke bagian bidang ekuator, anafase 2 (bagian kromatid terpisah akan membentuk kromosom dengan bagian sentromernya masing-masing, selanjutnya kan bergerak menuju bagian kutub yang akan saling berlawanan arah), dan telophase 2 (bagian kromosom yang telah sampai di bagian kutub dan kemudian akan mengalami proses dekondensasi kemudian menjadi kromatin lalu mikrotubulus akan membentuk bagian selaput inti pada bagian sekeliling inti).

F. RANGKUMAN

Sel merupakan bagian terkecil dari organisme hidup yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan alat bantu mikroskop. Setiap organisme tersusun dari satu atau dua jenis sel yang secara struktur berbeda :sel prokariotik atau sel eukariotik. Kedua sel ini dibedakan berdasarkan posisi DNA di dalam selnya. Sel berfungsi sebagai metabolisme dan komunikasi sel. Setiap sel berasal dari pembelahan sel sebelumnya dan tahap kehidupan sel antara pembelahan sel ke pembelahan sel berikutnya disebut sebagai siklus sel.

G. TES FORMATIF

1. Organel sel yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya sintesis protein yaitu...
 - a. Kromosom
 - b. Sentrosom
 - c. Lisosom
 - d. Ribosom
2. Organel sebagai tempat berlangsungnya respirasi sel yaitu...
 - a. Nucleus
 - b. Lisosom
 - c. Mitokondria
 - d. Retikulum endoplasma
3. Organel sel yang hanya terdapat pada sel tumbuhan adalah...
 - a. Plastida
 - b. Sentrosom
 - c. Membrane sel
 - d. Reticulum endoplasma
4. Penemu sel pertama kali yaitu...
 - a. Robert Hooke
 - b. Robert Brown

- c. Rudolf Virchow
 - d. Schleiden dan Schwann
5. Fungsi vakuola makanan pada sel hewan yaitu...
- a. Membantu mencerna makanan
 - b. Melaksanakan sintesa protein
 - c. Tempat penyimpanan cadangan makanan
 - d. Menimbun sisa-sisa metabolisme
6. Sekelompok sel yang memiliki sifat, bentuk dan fungsi yang sama disebut...
- a. Jaringan
 - b. Organ
 - c. Sistem organ
 - d. Organisme
7. Pengangkutan hasil fotosintesis menuju ke seluruh bagian tubuh tumbuhan dilakukan oleh jaringan...
- a. Meristem
 - b. Parenkim
 - c. Floem
 - d. Xilem
8. Urutan yang benar dalam bentuk organisasi kehidupan dari yang terkecil sampai yang terbesar adalah...
- a. Sel, jaringan, organ, sistem organ, organisme
 - b. Sel, organ, jaringan, sistem organ, organisme
 - c. Organisme, sistem organ, organ, jaringan, sel
 - d. Organisme, sistem organ, jaringan, organ, sel
9. Struktur sel yang berfungsi untuk mengubah energi dari makanan menjadi bentuk energi yang dapat digunakan oleh sel adalah...
- a. Mitokondria
 - b. Lisosom
 - c. Ribosom

- d. Nukleus
10. Asam amino dan gula tidak dapat melalui membrane plasma secara difusi. Oleh karena itu keduanya memasuki sel melalui cara...
- a. Osmosis
 - b. Imbibisi
 - c. Difusi dipermudah
 - d. Transport aktif

H. LATIHAN

1. Sebutkan dan jelaskan struktur dari sel !
2. Jelaskan tahapan-tahapan yang terjadi pada proses pembelahan sel secara mitosis !
3. Jelaskan pembelahan sel secara meiosis pada tahapan meiosis II!
4. Sebutkan dan jelaskan fungsi dari sel !
5. Jelaskan perbedaan sel prokariotik dan sel eukariotik !

KEGIATAN BELAJAR 3

BIOKIMIA DASAR

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

Pada bab ini mahasiswa mempelajari pengenalan dan konsep dasar teoritis mengenai biokimia dasar. Setelah mempelajari matakuliah ini diharapkan mahasiswa dapat memahami sifat - sifat biomolekul lipid, karbohidrat, asam amino, protein, asam nukleat, DNA dan RNA serta fungsi atau peranannya dalam kehidupan. Mahasiswa mengetahui konsep dasar bionergetika, metabolisme karbohidrat, lipid, protein dan penyakit-penyakit akibat gangguan metabolisme.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan:

1. Mampu menjelaskan perbedaan setiap biomolekul pembentuk makhluk hidup.
2. Mampu menjelaskan jalur metabolisme setiap biomolekul pembentuk makhluk hidup.
3. Mampu menjelaskan penyakit – penyakit akibat gangguan metabolisme biomolekul tersebut.

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENGANTAR BIOKIMIA

Biokimia merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari berbagai molekul dan reaksinya di dalam sel organisme. Sehingga dapat dikatakan bahwa biokimia adalah ilmu yang mempelajari dasar kimia kehidupan. Tujuan utama mempelajari ilmu biokimia adalah menguraikan secara lengkap semua proses kimia yang berkaitan dengan sel – sel pada tingkat molekular.

Proses biokimia yang normal merupakan dasar kesehatan. Menurut ilmu biokimia, kesehatan adalah sebagai suatu keadaan dimana seluruh reaksi kimia intra dan ekstra selnya, yang berjumlah ribuan di dalam tubuh berlangsung pada kecepatan reaksi yang sesuai dengan ketahanan hidup maksimalnya dalam kondisi fisiologis. Salah satu persyaratan utama pemeliharaan kesehatan adalah asupan sejumlah zat kimia yang optimal dari makanan, seperti: vitamin, asam amino tertentu, asam lemak tertentu berbagai mineral dan air. Semua penyakit merupakan manifestasi dari kelainan yang terjadi pada tingkat molekular, reaksi kimia atau mekanisme biokimia. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua penyakit memiliki landasan biokimia.

Beberapa faktor yang bertanggung jawab terhadap penyebab penyakit yang mempengaruhi berbagai mekanisme biokimia dalam sel antara lain:

1. Fisik, seperti trauma mekanis, suhu ekstrem, perubahan mendadak tekanan atmosfer, radiasi dan syok.
2. Kimia, seperti obat – obatan, senyawa toksis dan preparat terapeutik.
3. Biologi, seperti virus, bakteri, fungus dan bentuk- bentuk parasit yang lebih tinggi.
4. Kekurangan oksigen, seperti gangguan pasokan darah, deplesi kemampuan darah membawa oksigen dan keracunan pada enzim-enzim oksidatif.
5. Kelainan genetik, seperti kongenital dan molekular.

6. Reaksi imunologi, seperti reaksi anafilaktik dan penyakit autoimun.
7. Gangguan keseimbangan nutrisi, seperti defisiensi atau kelebihan gizi.
8. Gangguan keseimbangan endokrin, seperti defisiensi atau kelebihan hormonal.

Berikut beberapa contoh penyakit yang dipengaruhi oleh aspek biokimia, seperti:

1. Penyakit Skorbit, rachitis yang disebabkan adanya defisiensi secara berturut-turut vitamin C dan D.
2. Kwashiorkor, yang disebabkan defisiensi protein esensial dalam makanan.
3. Aterosklerosis yang disebabkan karena faktor genetik, pola hidup dan lingkungan.
4. Fenilketourea yang disebabkan terutama oleh mutasi gen yang mengkodekan enzim fenilalanin hidroksilase sehingga menyebabkan peningkatan kadar fenilalanin,
5. Fibrosis kistik, yang disebabkan karena adanya mutasi gen yang mengkodekan protein CFTR (*Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator*). CFTR berfungsi sebagai kanal/saluran klorida dengan 1480 asam amino penyusun. (Penyumbatan kanal ion dapat menyebabkan penyumbatan garam dan air ke dalam sel, mukus lengket, saluran nafas tersumbat lendir, infeksi paru-paru, dan asupan oksigen berkurang.
6. Diabetes mellitus, yang disebabkan karena faktor genetik dan lingkungan yang mengakibatkan defisiensi insulin.

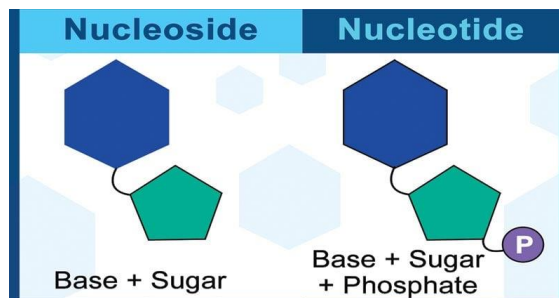
Untuk dapat memahami proses biokimia yang mempengaruhi terjadinya penyakit, maka kita harus memahami makromolekul penyusun tubuh manusia. Tubuh manusia, tersusun atas beberapa unsur yang bergabung membentuk sejumlah besar molekul. Unsur utama sebagian besar biomolekul tubuh, yaitu karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen. Lima biomakromolekul kompleks utama yang

ditemukan dalam sel dan jaringan tubuh makhluk hidup tingkat tinggi dalam hal ini manusia dan hewan, antara lain:

1. Asam nukleat, yang terdiri dari DNA dan RNA
2. Asam Amino yang membentuk Protein
3. Karbohidrat
4. Lemak

B. ASAM NUKLEAT

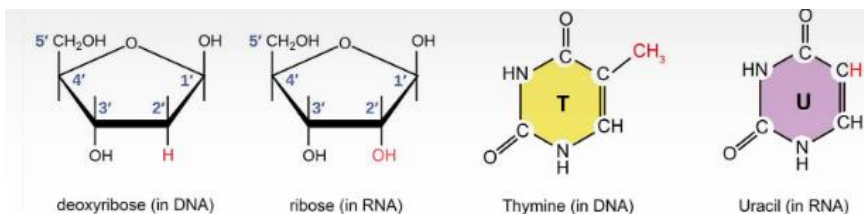
Asam nukleat merupakan makromolekul dalam inti sel yang mengandung semua informasi untuk aktivitas maupun reproduksi sel. Asam nukleat berperan dalam menyimpan informasi genetik dan dalam proses replikasi dan transkripsi. Biomakromolekul ini terdiri atas *DeoxyriboNucleic Acid* (DNA) dan *RiboNucleic Acid* (RNA). Asam nukleat dibentuk dari nukleotida yang memiliki satu molekul gula, basa nitrogen dan fosfat, sedangkan jika tanpa fosfat akan menjadi suatu nukleosida seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Perbedaan Nukleotida dan Nukleosida

Sumber: Website <https://microbenotes.com/nucleic-acids-nucleosides-and-nucleotides/>

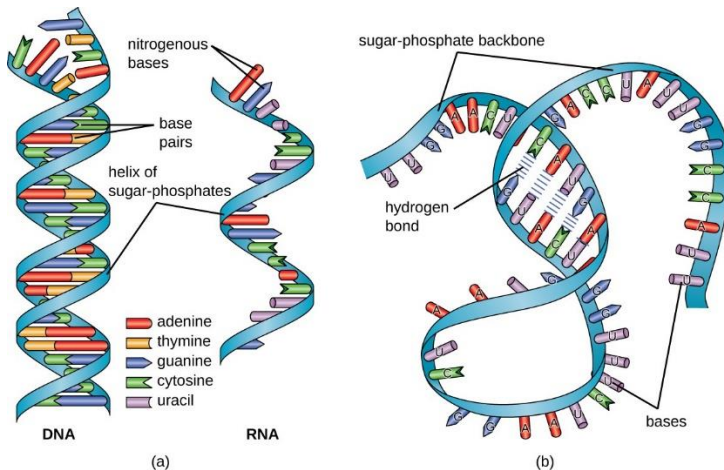
Perbedaan antara DNA dan RNA yang pertama, ada pada molekul gula yang dimiliki. Dimana, pada DNA molekul yang dimiliki adalah sebuah 2-deoksiribosa sedangkan pada RNA adalah sebuah ribose, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2: Perbedaan DNA dan RNA

Sumber: Website <https://www.creative-biostructure.com/rna-structure.htm>

Basa nitrogen yang dimiliki oleh DNA dan RNA adalah golongan purin yang terdiri dari adenin dan guanin serta golongan pirimidin yang terdiri dari timin, sitosin dan urasil. Perbedaan yang kedua, antara DNA dan RNA adalah basa pirimidin yang dimiliki DNA adalah timin sedangkan pada RNA adalah urasil. Perbedaan yang ketiga adalah pada struktur, dimana DNA berbentuk *double strand* sedangkan RNA berbentuk *single strand*. *Double strand* DNA terbentuk karena adanya ikatan hidrogen yang terbentuk antara basa nitrogen pada setiap *single strand* DNA. Sedangkan RNA hanya bisa berbentuk sebagai *single strand* karena merupakan hasil dari proses transkripsi DNA yang kemudian akan ditranslasikan menjadi asam amino. RNA dibedakan menjadi tiga jenis, antara lain mRNA (messenger RNA) yang berfungsi untuk membawa informasi genetik dari DNA ke ribosom untuk sintesis protein, rRNA (ribosomal RNA) yang berfungsi untuk mengenali mRNA dan tRNA (transfer RNA) yang berfungsi untuk menerjemahkan kode genetik dari mRNA menjadi asam amino tertentu.



Gambar 3.3: *Double strand DNA* dan *Single strand RNA*

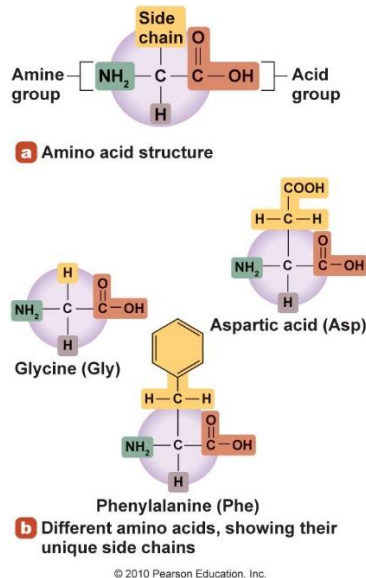
Sumber: Website <https://www.nursinghero.com/study-guides/microbiology/structure-and-function-of-rna>

Asam nukleat dikatakan sebagai dasar kehidupan, karena asam amino yang membentuk protein dikodekan berdasarkan urutan DNA lewat proses transkripsi dan translasi yang dikenal sebagai Dogma Sentral. Selain sebagai pembawa informasi genetik penyusun tubuh manusia, asam nukleat atau nukleotida juga memiliki beberapa fungsi dalam proses metabolisme manusia antara lain: pembawa energi kimia (ATP, ADP dan GTP), transfer molekul, sebagai koenzim dan sebagai pembawa sinyal, misalnya cAMP.

C. ASAM AMINO DAN PROTEIN

Asam amino adalah senyawa penyusun protein. Asam amino mempunyai satu gugus karboksil dan satu gugus amino. Pada umumnya gugus amino terikat pada posisi alfa dari gugus karboksil. Asam amino terdiri dari asam amino esensial, asam amino non esensial dan asam amino esensial kondisional. Esensial merupakan jenis asam amino yang harus dikonsumsi dari makanan

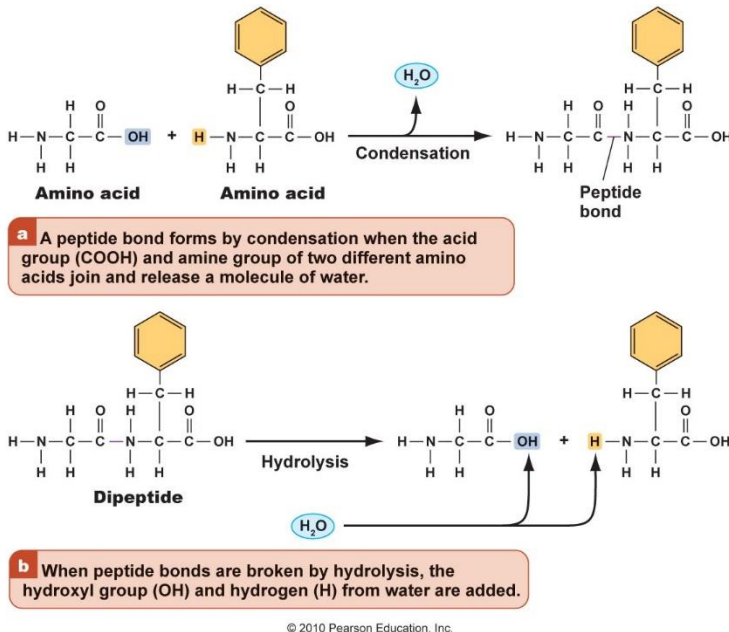
(His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val), non esensial merupakan jenis asam amino yang dapat disintesis sendiri oleh tubuh manusia (Ala, Arg, Asn, Asp, Cys, Glu, Gln, Gly, Pro, Ser, Tyr) dan esensial kondisional adalah asam amino tertentu yang tidak dapat disintesis oleh tubuh dalam keadaan sakit sehingga harus diasup dari makanan (Arg).



Gambar 3.4: Struktur kimia asam amino

Sumber: Pearson Education, 2010

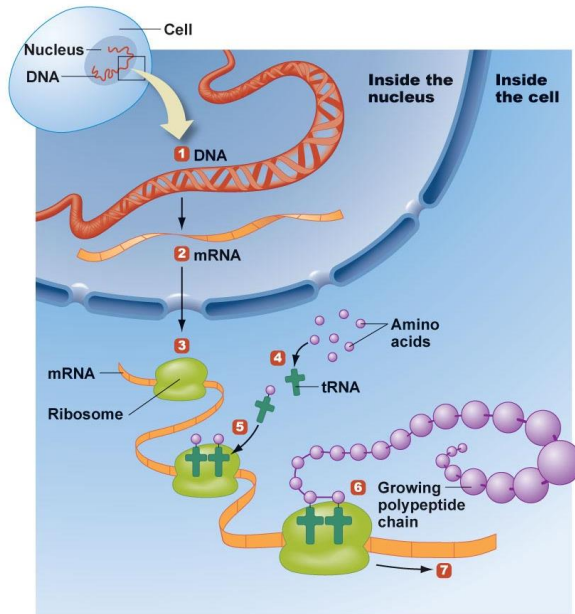
Asam amino yang satu dengan asam amino yang lain dapat bergabung lewat ikatan peptida. Ikatan peptida terbentuk saat gugus asam (COOH) dari salah satu asam amino bergabung dengan gugus amino (NH₂) pada asam amino kedua melalui reaksi kondensasi. Ikatan peptida dapat terurai lewat reaksi hidrolisis. Dua asam amino yang terhubung lewat ikatan peptida disebut sebagai dipeptida sedangkan apabila terbentuk dari lebih dari 10 asam amino maka disebut sebagai polipeptida. Jika terbentuk dari lebih dari 50 asam amino maka disebut sebagai protein.



Gambar 3.5: Reaksi Kondesasi dan Hidrolisis yang dialami asam amino

Sumber: Pearson Education, 2010

Protein merupakan molekul berukuran besar dan ditemukan pada setiap sel dalam tubuh. Molekul protein terlibat dalam hampir semua proses dan fungsi fisiologis tubuh. Urutan asam amino pada protein disusun secara spesifik oleh urutan DNA. Secara struktur, protein terdiri dari empat level, yaitu struktur primer, struktur sekunder, struktur tersier dan struktur kuartener. Adanya perubahan struktur atau urutan asam amino akan mengubah bentuk dan fungsi protein. Perubahan struktur protein dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: panas, asam, basa, garam dan mekanis.



© 2010 Pearson Education, Inc.

Gambar 3.6: Proses sintesis protein dalam tubuh manusia
Sumber: Pearson Education, 2010

Protein yang kita makan, akan dicerna oleh saluran cerna dan diubah kembali menjadi asam amino. Asam amino akan diserap di usus halus dan dipindahkan ke liver melalui pembuluh vena. Di liver, asam amino akan digunakan untuk mensintesis protein, diubah menjadi energi, glukosa atau lemak atau dilepaskan kembali ke aliran darah untuk dipindahkan ke dalam setiap sel yang lain.

Liver memetabolisme asam amino berdasarkan kebutuhan tubuh. Sebagian besar asam amino dipindahkan ke aliran darah untuk diambil dan digunakan oleh tiap sel. Dikarenakan stok asam amino terbatas namun banyak digunakan, maka tubuh melakukan *protein turn over*, yaitu proses degradasi dan sintesis protein secara berkelanjutan. Saat stok asam amino dalam keadaan optimal, maka asam amino ini dipecah menjadi beberapa komponen untuk penggunaan yang lain. Pada kondisi seperti ini akan terjadi

deaminasi, dimana komponen yang mengandung karbon akan diubah menjadi glukosa, yang akan digunakan dalam proses glukoneogenesis dan diubah menjadi asam lemak dan disimpan dalam bentuk trigliserida dalam jaringan adiposa.

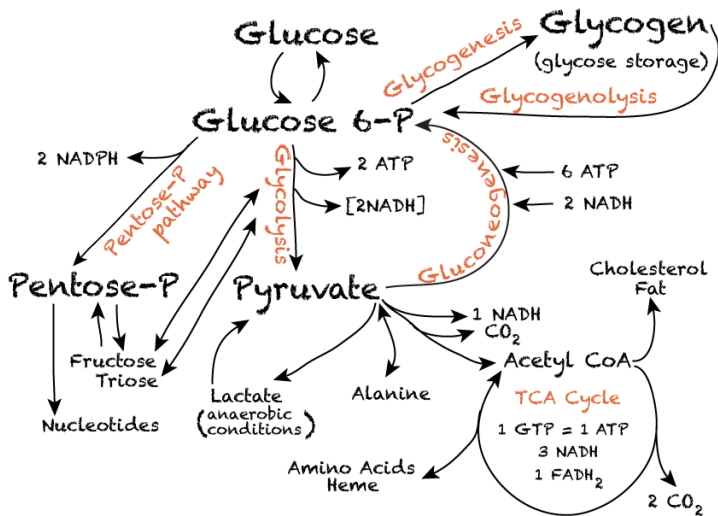
Dalam tubuh, protein berperan dalam memelihara jaringan tubuh, sebagai bahan baku enzim dan hormon, memelihara keseimbangan asam dan basa, transport nutrient, sebagai sistem imun dan sebagai sumber energi saat dibutuhkan. Untuk mendapatkan fungsi optimal protein, maka kita harus memperhatikan jumlah protein yang dikonsumsi sesuai dengan kebutuhan harian., yaitu 10 – 35% dari total harian kilo kalori.

Berikut adalah resiko jika mengkonsumsi terlalu banyak protein, antara lain: resiko penyakit jantung, resiko batu ginjal, resiko kehilangan kalsium dari tulang, resiko kanker usus dan perubahan komposisi nutrient. Sedangkan resiko jika terjadi defisiensi protein adalah Proses regenerasi sel-sel pada saluran pencernaan memiliki kemampuan rendah, fungsi pencernaan terhambat, penyerapan makanan berkurang, bakteri usus akan berpindah ke aliran darah dan menyebabkan septicemia dan sistem imun tdk bekerja optimal sehingga tidak dapat melawan infeksi.

D. KARBOHIDRAT

Karbohidrat adalah salah satu biomakromolekul yang berfungsi sebagai sumber energi. Monosakarida hasil pencernaan utama dari karbohidrat dapat berupa glukosa, fruktosa atau galaktosa. Monosakarida hasil pencernaan tersebut, dalam tubuh akan mengalami proses katabolisme dan anabolisme. Katabolisme adalah serangkaian reaksi yang mengubah molekul sederhana menjadi molekul yang lebih kompleks. Contohnya, perubahan glukosa menjadi glikogen. Sedangkan, katabolisme adalah serangkaian reaksi yang mengubah molekul kompleks menjadi

molekul yang lebih sederhana. Contohnya, perubahan glikogen menjadi glukosa. Secara garis besar, jalur metabolisme glukosa hasil pencernaan karbohidrat ditunjukkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7: Jalur metabolisme karbohidrat

Konsumsi karbohidrat berlebihan dapat memicu terjadinya jenis metabolisme glikolisis, glikogenesis serta HMP Shunt. Sisa glukosa yang tidak dimetabolisme akan ditimbun sebagai lemak. Sedangkan, puasa atau lapar akan memicu terjadinya jenis metabolisme glikogenesis dan glikogenolisis. Dimana tubuh akan menguraikan semua cadangan gula, baik yang disimpan dalam bentuk glikogen pada hati dan otot atau dalam bentuk lemak.

Glukosa hasil pencernaan karbohidrat akan disebar keseluruh tubuh dan otak dan disebut sebagai glukosa darah. Glukosa darah dapat dipakai oleh semua jaringan tubuh dan disimpan dalam hati dan otot dalam bentuk glikogen dan pada jaringan lemak dalam bentuk triasilgliserol (TG). Glukosa darah dalam tubuh manusia diregulasi oleh beberapa hormon, antara lain hormone insulin, hormon dari kelenjar hiposa anterior (*Growth Hormone*), hormon

dari kelenjar medulla adrenal (epinefrin, glucagon). Jika kadar glukosa darah rendah maka hormone glukogon akan disekresi, jika kadar glukosa darah tinggi maka hormon insulin akan disekresi dan jika pada keadaan darurat maka akan merangsang sekresi hormon adrenalin. Glukoagon pada hati dan epinefrin di otot akan menginisiasi pembentukan cAMP yang dapat menghambat pembentukan glikogen dan memacu terjadinya glikogenolisis. Sedangkan cara kerja hormon insulin adalah memacu pembentukan glikogen dan memacu fosfodiesterasi yang akan memecah cAMP menjadi 5'AMP sehingga akan memacu terjadinya glikogenesis dan menghambat terjadinya glikogenolisis.

Karbohidrat sangat penting bagi tubuh manusia, karena merupakan sumber energi utama tubuh untuk melakukan semua reaksi biokimia. Seperti halnya dengan makromolekul yang lain, asupan karbohidrat dari makanan harus seimbang, dimana kadar glukosa darah harus diantara 80 – 180 g/dl. Bila berlebih akan menyebabkan hiperglikemia yang berpotensi merusak sel – sel dan jika kekurangan akan menyebabkan hipoglikemia, kondisi dimana tubuh tidak punya energi untuk beraktivitas.

E. LEMAK

Lemak atau lipid adalah molekul biologis yang tidak larut di dalam air tetapi larut di dalam pelarut – pelarut organik. Lemak berfungsi sebagai penyusun struktur membran sel, sebagai cadangan energi, sebagai bahan baku sintesis hormone dan bersama protein dapat disintesis menjadi vitamin. Lemak dibedakan menjadi empat jenis, yaitu: asam lemak, gliserida, lipid kompleks dan lipid non gliserida.

Asam lemak merupakan asam monokarboksilat rantai panjang dengan rentang ukuran mulai dari C₁₂ sampai dengan C₂₄. Terdapat dua jenis asam lemak, yaitu asam lemak jenuh (*saturated fatty acid*) dan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acid*). Asam – asam

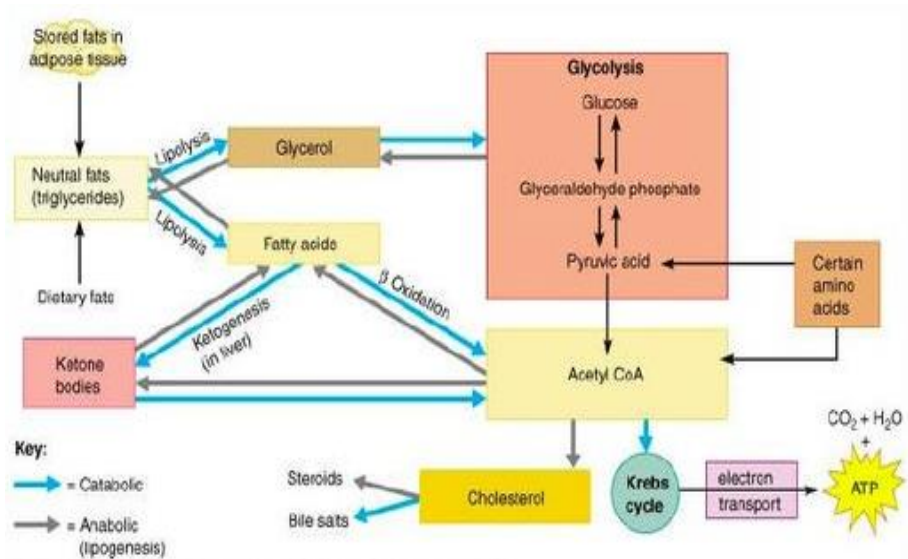
lemak akan disimpan jika tidak diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi pada jaringan adiposa. Asam lemak ditransportasikan dari hati.

Gliserida dibedakan menjadi gliserida netral dan fosfoglisericida. Gliserida netral adalah ester antara asam lemak dengan gliserol yang berfungsi sebagai simpanan energi berupa lemak atau minyak. Gliserida netral terbagi menjadi monogliserida, diglisericida dan triglisericida. Fosfoglisericida atau fosfolipid adalah jenis lipid yang mengandung fosfat yang mengganti salah satu rantai asam lemak. Fosfolipid berfungsi sebagai komponen penyusun membran sel dan sebagai agen emulsi.

Lipid kompleks dibedakan menjadi lipoprotein dan glikolipid. Berdasarkan ukuran molekulnya, lipolipid dibedakan menjadi Kilomikron, VLDL (*Very Low Density Lypoproteins*), LDL (*Low Density Lypoprotein*), HDL (*High Density Lypoproteins*). Sedangkan glikolipid merupakan kelompok lipid yang mengandung asam lemak, sfingosin dan karbohidrat.

Lipid non gliserida adalah jenis lemak dimana asam lemaknya bergabung dengan molekul non gliserol. Yang termasuk dalam golongan lipid non gliserida adalah sfingolipid, kolesterol dan steroid.

Tahap – tahap metabolisme Lipid meliputi katabolisme seperti metabolisme gliserol, oksidasi asam lemak dan sintesis asam lemak dan anabolisme seperti transportasi lipid dan sintesis kolesterol. Secara garis besar metabolisme lemak atau lipid ditunjukkan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8: Jalur metabolisme Lemak

F. RANGKUMAN

Biokimia adalah ilmu yang mempelajari reaksi molekuler di dalam organisme, serta keterkaitannya dengan kesehatan dan penyakit. Penyakit bersumber dari kelainan di tingkat molekuler, reaksi kimia, atau mekanisme biokimia. Bab ini membahas dasar kimia kehidupan di dalam sel organisme, dimana semua penyakit memiliki dasar biokimia. Faktor penyebab penyakit meliputi fisik, kimia, biologi, kekurangan oksigen, kelainan genetik, reaksi imunologi, dan gangguan keseimbangan nutrisi. Beberapa makromolekul pembentuk tubuh, merupakan variable utama yang harus diperhatikan dalam pemeliharaan kesehatan dan untuk mengatasi penyakit. Makromolekul tersebut antara lain, asam nukleat (DNA/RNA) yang berperan dalam menyimpan informasi genetik untuk aktivitas sel, asam amino yang berperan dalam membentuk protein, yang penting dalam struktur dan fungsi tubuh dan

karbohidrat dan lemak juga berperan sebagai sumber energi dan bahan struktural tubuh.

G. TES FORMATIF

1. Dibawah ini yang bukan merupakan makromolekul penyusun makhluk hidup adalah?
 - a. Asam Nukleat
 - b. Protein
 - c. Karbohidrat
 - d. Lemak
 - e. Serat

2. Makromolekul yang berperan sebagai informasi genetik dan dikatakan sebagai awal mula kehidupan adalah?
 - a. Asam Nukleat
 - b. Protein
 - c. Karbohidrat
 - d. Lemak
 - e. Serat

H. LATIHAN

Berikan contoh penyakit dan jelaskan dasar biokimia yang memicu penyakit tersebut!

KEGIATAN BELAJAR 4

FISIOLOGI MANUSIA

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

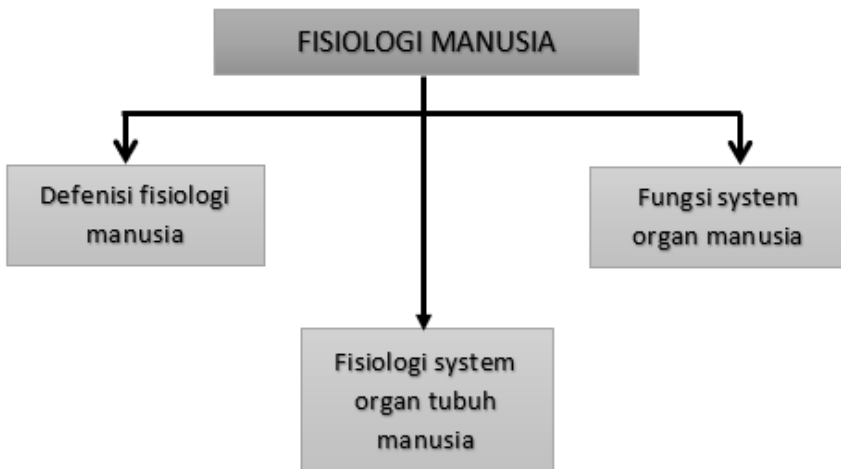
Pada bab ini mahasiswa mempelajari ilmu tentang bagaimana setiap organ tubuh suatu organisme dalam hal ini adalah manusia, dalam melakukan fungsinya secara normal. Diharapkan mahasiswa memiliki wawasan dan pemahaman karena ilmu ini menjadi dasar dalam mempelajari ilmu kesehatan lainnya.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mampu memahami konsep dasar fisiologi manusia
2. Mampu memahami fisiologi system organ tubuh manusia

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENGERTIAN FISILOGI MANUSIA

Kata physiology juga berasal dari Bahasa Yunani yaitu ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu organisme melakukan fungsi utamanya. Fisiologi secara makna kata dari Bahasa Latin, berasal dari kata Fisis (Physis) adalah alam atau cara kerja dan Logos (Logi) adalah ilmu pengetahuan. Jadi fisiologi adalah ilmu yang mempelajari faal atau pekerjaan atau fungsi dari tiap-tiap jaringan tubuh atau bagian dari alat-alat tubuh dan fungsinya.

Fisiologi sangat berkaitan dengan anatomi, dimana anatomi adalah ilmu yang mempelajari bagian dalam (internal) dan bagian luar (eksternal) dari struktur suatu organisme. Ketika mempelajari tentang fisiologi, seseorang harus paham dulu tentang anatomi dari sistem organ tersebut.

Fisiologi manusia adalah ilmu yang mempelajari tentang faal (fungsi) dari tubuh manusia. Adapun spesifikasi fisiologi dari anatomi antara lain fisiologi sel, yaitu ilmu yang mempelajari fungsi sel dan bagian-bagiannya; fisiologi spesifik yaitu ilmu yang mempelajari suatu organ; fisiologi sistemik yaitu ilmu yang mempelajari fungsi suatu organ secara sistemik; dan fisiologi patologikal yaitu ilmu yang mempelajari tentang efek suatu penyakit terhadap suatu organ.

B. FISILOGI SISTEM MUSKULOSKELETAL

System musculoskeletal adalah penunjang bentuk tubuh dan mengatur pergerakan tubuh.

Fisiologi system skeleton

1. Tulang

Tulang adalah jaringan yang bersifat paling keras dibandingkan dengan jaringan ikat lainnya yang terdiri dari 50% air dan bagian padat, selebihnya terdiri dari bahan mineral terutama kalsium sekitar 67% dan bahan seluler 33%. Fungsi tulang yaitu:

- a. Melindungi organ tubuh vital, seperti jantung, otak, paru-paru dan jaringan lunak lainnya.
- b. Mendukung jaringan tubuh dan memberikan bentuk tubuh.
- c. Memberikan pergerakan, dimana tulang bersama dengan otot yang berkontraksi dan melakukan pergerakan.
- d. Membentuk sel-sel darah merah di dalam sumsum tulang (hematopoiesis).
- e. Menyimpan garam-garam mineral (kalsium, fosfor, magnesium dan fluor).

2. Kerangka

Sebagian besar tersusun dari tulang dan merupakan kerangka yang kuat untuk menyangga struktur tubuh. Kerangka dibedakan menjadi:

- a. Kerangka aksial, terdiri dari 80 tulang, yang terkelompok pada 3 daerah yaitu tulang tengkorak, columna vertebralis dan tulang thoraks.
- b. Kerangka apendikular terletak di kanan dan kiri sumbu tubuh, yang terdiri dari tulang-tulang gelang bahu, ekstremitas superior, gelang panggul dan ekstremitas inferior.

Tulang rawan maupun jaringan tulang akan mengalami degenerasi seiring dengan bertambahnya usia. Tulang rawan yang berwarna kebiruan akan berubah menjadi kekuningan, yang tadinya lentur akan menjadi lebih kaku dan rapuh. Tulang merupakan jaringan yang terus-menerus melakukan regenerasi komponen ekstrasel. Pada orang dewasa terjadi pergantian sel-sel tulang secara rutin, Osteoclast menghancurkan sel tulang yang sudah tua, dan osteoblast membantu pembentukan sel tulang yang baru dengan mengambil kalsium yang ada di dalam darah (*remodelling* tulang). *Remodelling* tulang dipengaruhi oleh hormone estrogen yang dapat menekan resorpsi tulang sehingga dapat menghambat proses kerapuhan tulang. Efek antiresorptif tersebut dapat pula dihasilkan melalui kerjanya pada osteoblast yang dapat mempengaruhi aktivitas osteoclast.

Fisiologi system muscular

Kontraksi otot membutuhkan energi yang disuplai oleh ATP yang digunakan untuk melepaskan ujung myosin dari filamen aktin. Tanpa ATP, ujung myosin akan tetap melekat pada filamen aktin sehingga otot akan tetap berkontraksi. Terjadinya kontraksi otot sebagai berikut:

1. Jika rangsang sampai pada ujung saraf motoric, maka ujung saraf motoric akan melepaskan neurotransmitter (pemindah rangsang ke sel berikutnya) yang berupa asetilkolin ke serabut otot melalui celah sinapsis.
2. Asetilkolin menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan ion Ca^{2+} masuk ke dalam sarkoplasma otot dan diikat oleh unit troponin C yang menyebabkan kompleks troponin-miosin secara fisik bergeser ke samping, membuka tempat peningkatan jembatan silang aktin.
3. Terbentuk jembatan silang antara kepala myosin dan filamen aktin dan menyebabkan serabut otot menjadi lebih pendek (zona Z dan H menjadi pendek dan juga sarkomer menjadi lebih pendek) dan otot berkontraksi.

C. FISILOGI SISTEM PEREDARAN DARAH MANUSIA

System peredaran darah manusia tersusun atas jantung yang merupakan organ vital yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh; pembuluh darah yang berfungsi membawa darah dari jantung ke bagian-bagian tubuh lainnya, atau sebaliknya; dan darah yang berfungsi sebagai pembawa nutrisi, oksigen, hormone, antibody serta zat lainnya, dari dan ke seluruh tubuh.

System peredaran darah manusia dapat dibagi menjadi tiga, yaitu sirkulasi sistemik, sirkulasi pulmonal dan sirkulasi coroner. Ketiga sirkulasi ini saling bekerja sama untuk memastikan kelangsungan hidup manusia.

1. **Sirkulasi sistemik:** Sirkulasi sistemik merupakan sirkulasi darah yang mencakup seluruh tubuh. Sirkulasi ini berlangsung

ketika darah yang mengandung oksigen mengalir ke atrium sinistra melalui vena pulmonalis. Kemudian darah diteruskan ke ventrikel sinistra, untuk selanjutnya disalurkan ke seluruh tubuh melalui pembuluh darah utama (aorta). Darah yang dipompa akan terus mengalir hingga ke bagian paling tepi di seluruh area tubuh. Setelah menyalurkan berbagai zat ke sel-sel tubuh, darah akan mengalir kembali menuju atrium dextra.

2. **Sirkulasi pulmonal:** Sirkulasi pulmonal (paru) merupakan sirkulasi darah dari jantung menuju paru-paru, dan sebaliknya. Sirkulasi ini berlangsung saat darah yang mengandung karbon dioksida dari sisa metabolisme tubuh kembali ke jantung melalui pembuluh vena besar (vena cava). Lalu, memasuki atrium dextra dan diteruskan ke ventrikel dextra. Selanjutnya, darah yang akan dialirkan ke paru-paru melalui arteri pulmonalis, untuk melakukan pertukaran gas karbon dioksida dengan oksigen yang ada di paru-paru. Darah yang kaya akan oksigen dialirkan menuju atrium sinistra melalui vena pulmonalis.
3. **Sirkulasi coroner:** Sama seperti organ tubuh lain, jantung juga membutuhkan asupan oksigen dan nutrisi supaya dapat menjalankan fungsinya dengan baik. Darah yang menutrisi jantung akan dialirkan melalui arteri koroner ke otot-otot jantung. Maka dari itu, sumbatan pada arteri koroner bisa mengurangi aliran oksigen dan nutrisi ke otot jantung, sehingga meningkatkan risiko terkena serangan jantung.

Dalam melakukan fungsinya untuk memompa darah ke seluruh tubuh, jantung melakukan 2 gerakan yaitu kontraksi (sistolik) dan relaksasi (diastolik). Sistolik merupakan sepertiga dari siklus jantung. Kontraksi dari ke-2 atrium terjadi secara serentak yang disebut sistolik atrial dan relaksasinya disebut diastolik atrial. Lama kontraksi ventrikel $\pm 0,3$ detik dan tahap relaksasinya selama 0,5 detik. Kontraksi kedua atrium pendek, sedangkan kontraksi ventrikel lebih lama dan lebih kuat. Daya dorong ventrikel kiri harus lebih kuat karena harus mendorong darah keseluruhan tubuh untuk mempertahankan tekanan darah sistemik. Meskipun ventrikel

kanan juga memompakan darah yang sama tapi tugasnya hanya mengalirkan darah ke sekitar paru-paru ketika tekanannya lebih rendah.

D. FISILOGI SISTEM PERNAPASAN

Mekanisme pernafasan manusia terdiri dari:

1. Pernafasan dada

Pada pernafasan dada, otot yang berperan penting adalah otot di antara tulang rusuk. Otot tulang rusuk dapat dibedakan menjadi otot tulang rusuk bagian luar yang mengangkat tulang rusuk dan otot tulang rusuk bagian dalam yang menurunkan atau mengembalikan tulang rusuk ke posisi semula. Ketika otot-otot di antara tulang rusuk luar berkontraksi,

Tulang rusuk kemudian diangkat untuk menambah volume tulang rusuk. Bertambahnya ukuran akan menyebabkan tekanan di dalam rongga dada menjadi lebih rendah daripada tekanan rongga dada bagian luar. Karena tekanan udara yang rendah di rongga dada mengedarkan udara dari luar tubuh ke dalam tubuh, proses ini disebut "inspirasi". Selama ekspirasi, terjadi kontraksi otot-otot dalam, tulang rusuk kembali ke posisi semula dan menyebabkan peningkatan tekanan udara di dalam tubuh. Udara di paru-paru dikompresi ke dalam rongga dada dan dikeluarkan dari tubuh, proses ini disebut "aspirasi".

2. Pernafasan perut

Selama pernafasan ini, otot yang berperan aktif adalah diafragma dan otot dinding perut. Saat diafragma berkontraksi, posisi diafragma akan mendatar. Hal ini menyebabkan peningkatan volume rongga toraks, akibatnya tekanan atmosfer menurun. Penurunan tekanan barometrik menyebabkan paru-paru mengembang untuk memungkinkan udara masuk ke paru-paru (inhalasi). Saat diafragma rileks, diafragma kembali ke keadaan semula. Pada saat ini, rongga dada berkontraksi,

mendorong paru-paru hingga kolaps. Kemudian udara dari paru-paru akan keluar (ekshalasi).

Proses pertukaran gas terjadi dalam proses pernafasan, berdasarkan lokasi pertukaran gas, respirasi dapat dibagi menjadi dua jenis: respirasi eksternal dan respirasi dalam. Respirasi eksternal adalah pertukaran udara yang terjadi antara udara di alveoli dan darah di kapiler; sedangkan respirasi internal adalah respirasi yang terjadi antara darah di kapiler dan sel-sel tubuh.

Dalam keadaan normal, volume udara paru-paru manusia mencapai 4500 cc. Udara ini disebut kapasitas total udara untuk pernapasan manusia. Meski begitu, kapasitas vital udara yang terpakai saat bernafas mencapai 3500 cc, dimana 1000 cc diantaranya adalah sisa udara yang tidak terpakai namun tetap mengisi paru-paru sebagai udara residu. Kapasitas vital adalah jumlah udara maksimum yang dapat dihembuskan seseorang setelah mengisi paru-paru secara maksimal.

Dalam keadaan normal, kegiatan menghirup dan menghembuskan napas atau menghirup dan menghembuskan udara hanya menggunakan volume udara yang dihembuskan sekitar 500 cc (volume tradikuler = $\pm$ 500 cc). Kapasitas tidal adalah jumlah udara yang bergerak masuk dan keluar dari paru-paru selama pernapasan normal. Dalam kasus khusus, inhalasi dan ekshalasi menggunakan sekitar 1500 cc udara hembusan (volume cadangan ekshalasi) : volume cadangan inspirasi = 1500 cc).

E. FISILOGI SISTEM PENCERNAAN

Organ saluran pencernaan yaitu rongga mulut, esophagus, lambung, usus halus, usus besar. Sedangkan organ pelengkap yaitu kelenjar saliva, kantong empedu, hati dan pancreas.

1. Rongga mulut

Mulut merupakan saluran pertama masuknya makanan. Makanan dikunyah oleh gigi sehingga makanan mudah untuk ditelan Bersama dengan sekresi saliva dari kelenjar saliva. Saliva mengandung 99% air yang membantu dalam melarutkan makanan. Kelenjar saliva terdiri dari tiga pasang kelenjar yaitu parotid (berfungsi mengsekresi air, elektrolit (sodium, potassium, klorida) dan enzim), submandibular (berfungsi mengsekresi air, elektrolit, enzim dan mucus), dan sublingual yang terletak sepanjang rahang dari telinga hingga dagu (berfungsi sama seperti submandibular). Enzim yang membantu proses pencernaan di mulut adalah Amilase yang berasal dari kelenjar saliva berfungsi untuk menghidrolisa pati; serta Lipase lingua yang berasal dari kelenjar serous yang berfungsi menghidrolisa lemak.

2. Esophagus

Fungsi esophagus adalah menerima bolus makanan dari rongga mulut dan mengalirkannya ke lambung. Tahapan dari proses menelan ini, yaitu terjadinya kondisi relaksasi katub esophagus yang membuat esophagus terbuka, makanan atau bolus masuk ke esophagus. Laring akan bergerak ke atas dan menginduksi epiglottis untuk bergerak. Penutupan epiglottis sangat penting agar tidak masuk ke trakea tetapi ke esophagus. Ketika makanan masuk ke esophagus, maka laring akan bergerak ke bawah agar glottis kembali membuka.

Antara otot esofaghus dan otot bagian distal distimulasi oleh saraf para simpatik yang menghasilkan gerakan peristaltic yang membantu memindahkan bolus menuju lambung. Antara esophagus dan lambung terdapat katub Gastroesophageal yang berfungsi untuk mencegah aliran makanan tidak kembali menuju esophagus.

3. Lambung

Volume lambung ketika kosong 50 ml dan dapat mengembang menjadi 1-2 liter. Cairan lambung diproduksi oleh 3 kelenjar yang berbeda pada lapisan mukosa dan submucosa. Senyawa

yang berperan dalam pencernaan di lambung, yaitu a). asam lambung HCl yang bersumber dari sel parietal di lambung berfungsi untuk mengaktifkan pepsinogen dan mendenaturasi protein; b). intrinsik faktor yang berasal dari sel parietal, berfungsi untuk membantu absorpsi B12; c). bikarbonat yang berasal dari sel mucus lambung, berfungsi untuk melindungi mukosa terhadap simulasi mekanik, pepsin dan asam lambung. Enzim yang berperan dalam pencernaan lambung, yaitu a). enzim pepsin yang bersumber dari sel chief, berfungsi untuk menghidrolisa protein menjadi peptide; b) enzim lipase yang bersumber dari sel chief, berfungsi untuk menghidrolisa rantai triasilgliserol yng pendek atau medium; c). enzim amilase yang berasal dari kelenjar saliva, berfungsi untuk menghidrolisa pati dan inaktif Ketika dalam kondisi pH rendah dalam lambung; d). enzim musin yang berasal dari sel mucus, yang berfungsi mukosa protein yang melicinkan makanan.

4. Usus halus

Usus halus terdiri dari usus dua belas jari (duodenum), usus kosong (jejunum) dan usus penyerapan (ileum). Pencernaan makanan secara kimiawi pada usu halus terjadi pada suasana basa. Prosesnya sebagai berikut:

- a. Makanan yang berasal dari lambung dan bersuasana asam akan dinetralkan oleh bikarbonat dari pancreas.
- b. Makanan kemudian dicerna sesuai kandungan zatnya. Makanan dari kelompok karbohidrat akan dicerna oleh amylase pancreas menjadi disakarida. Disakarida kemudian diuraikan oleh disakaridase menjadi monosakarida, yaitu glukosa. Glukosa hasil pencernaan diserap usus halus, dan diedarkan ke seluruh tubuh oleh peredaran darah.
- c. Makanan dari kelompok protein setelah di lambung dicerna menjadi pepton, maka pepton akan diuraikan oleh enzim tripsin, kimotripsin, dan erepsin menjadi asam amino. Asma amino kemudian diserap usus dan diedarkan ke seluruh tubuh oleh peredaran darah.

- d. Makanan dari kelompok lemak, akan dilarutkan terlebih dahulu oleh cairan empedu menjadi droplet lemak, kemudian diuraikan oleh enzim lipase menjadi asam lemak dan gliserol. Asam lemak dan gliserol kemudian diserap usus dan diedarkan menuju jantung oleh pembuluh limfe.

5. Usus besar (kolon)

Kolon dibagi menjadi 3, yaitu kolon asenden, kolon transversum dan kolon desenden. Fungsi kolon yaitu a). menyerap air selama proses pencernaan; b). tempat dihasilkannya vitamin K dan vitamin H (Biotin) sebagai hasil symbiosis dengan bakteri usus, misalnya *E.coli*; c). membentuk massa feses; d). mendorong feses keluar dari tubuh.

6. Rectum dan anus

Merupakan lubang tempat pembuangan feses dari tubuh. Sebelum dibuang lewat anus, feses ditampung terlebih dahulu pada bagian rectum. Apabila feses sudah siap dibuang, maka otot spinkter rectum mengatur pembukaan dan penutupan anus.

F. FISIOLOGI SISTEM SARAF

Sistem saraf adalah sistem koordinasi berupa penghantaran impuls saraf ke susunan saraf pusat, pemrosesan impuls saraf dan pemberi tanggapan rangsangan.

1. Sistem Saraf Pusat (Central Nervous System : CNS)

Sistem saraf pusat (SSP) terdiri dari otak dan sumsum tulang belakang (medula spinalis).

a. Otak

Otak terdiri dari a). otak besar (cerebrum) yang berfungsi untuk mengingat pengalaman lalu, pusat persarafan yang menangani aktifitas mental, akal, intelegensia, keinginan dan memori, serta pusat menangis, buang air besar dan buang air kecil; b). batang otak (brain stem); c) otak kecil (cerebellum) yang berfungsi untuk mengendalikan otot di luar kesadaran yang berpengaruh dalam pengaturan dan

pengendalian terhadap keseimbangan tubuh dan pergerakan.

b. Medulla spinalis

Medula spinalis atau sumsum tulang belakang bermula pada medula oblongata ke arah kaudal melalui foramen magnum dan akhir di antara vertebra lumbalis pertama dan kedua. Fungsi medulla spinalis adalah menghubungkan system saraf tepi ke otak dan sebagai pusat gerak refleks.

2. System saraf perifer/tepi (SST)

Bagian dari saraf perifer adalah saraf kranial yang terdiri atas 12 pasang dan saraf spinal yang terdiri atas 31 pasang saraf. SST dapat dibagi lagi menjadi dua subkategori: sistem tepi aferen, yang terdiri dari neuron aferen atau sensorik yang menyampaikan informasi dari reseptor di bagian perifer atau tepi tubuh ke otak dan sumsum tulang belakang, dan sistem tepi eferen, yang terdiri dari neuron eferen atau motorik yang menyampaikan informasi dari otak dan sumsum tulang belakang ke otot dan kelenjar. System saraf eferen terdiri dari:

a. Susunan saraf somatic (SSS)

Saraf ini melakukan system pergerakan otot yang disengaja atau tanpa disengaja. Saraf ini meliputi gerakan (lingkaran) refleks. Untuk terjadinya gerak refleks dibutuhkan struktur sebagai berikut organ sensoris, yaitu: a). Organ sensorik yang menerima impuls misalnya kulit; b). Serabut saraf sensorik, yang mengantarkan impuls-impuls tersebut menuju sel-sel dalam ganglion radix posterior dan selanjutnya serabut sel-sel itu akan meneruskan impuls-impuls itu menuju substansi kelabu pada kornu posterior medula spinalis; c). Sumsum tulang belakang, dimana serabut-serabut saraf penghubung menghantarkan impuls-impuls menuju kornu anterior medula spinalis; d). Sel saraf motorik dalam kornu anterior medula spinalis yang menerima dan mengalihkan impuls tersebut melalui serabut

- daraf motoric; e). Organ motorik, yang melaksanakan Gerakan karena dirangsang oleh impuls saraf motorik.
- b. Susunan saraf otonom (SSO)
- Susunan saraf otonom adalah susunan saraf yang mempunyai peranan penting mempengaruhi pekerjaan otot tak sadar (otot polos) seperti jantung, hati, pankreas, jalan pencernaan, kelenjar, dan lain-lain. Menurut fungsinya susunan saraf otonom terdiri dari a). system saraf simpatis yang mepersarafi otot jantung, pembuluh darah, lambung, pancreas, usus, serabut morotik sekretorik pada kelenjar keringat, serabut motorik pada otot tak sadar dan mempertahankan tonus semua otot sadar; b). saraf para simpatis yang berfungsi untuk merangsang sekresi kelenjar air mata, kelenjar dalam mukosa rongga hidung, mempersiapkan kelenjar ludah, dll.

G. FISILOGI SISTEM ENDOKRIN

Sistem endokrin terdiri dari kelenjar dan jaringan yang menghasilkan hormon untuk mengatur dan mengkoordinasikan fungsi-fungsi alat vital tubuh. Sebagian besar hormon kelenjar endokrin dikontrol oleh kelenjar hipofisis dan mekanisme umpan balik (*feedback*). Tingkat hormon dalam darah diatur oleh mekanisme homeostasis disebut umpan balik negative (*negatif feedback*). Jika kadar hormon dalam darah di bawah normal, *negative feedback* merespon kelenjar endokrin tertentu untuk menghasilkan lebih banyak hormon, yang ketika naik ke tingkat normal menyebabkan penurunan produksi. Mekanisme umpan balik postif (*positive feedback*) juga terjadi dalam sistem endokrin, contohnya kenaikan tingkat satu hormon akan memicu pelepasan hormon lain. Hal ini terjadi selama siklus menstruasi wanita.

Hormon merupakan penghantar (transmitter) kimiawi yang dilepas dari sel-sel khusus ke dalam aliran darah. Selanjutnya hormon tersebut dibawa ke sel-sel target (*responsive cells*) tempat

terjadinya efek hormon. Peran reseptor hormone, walaupun hormon beredar ke seluruh tubuh dalam darah, hal itu hanya memberikan efek sel target yang spesifik.

Secara umum Fungsi hormon di antaranya:

1. Membantu mengatur komposisi kimia dan volume cairan interstisial, metabolisme dan keseimbangan energi, kontraksi otot halus dan jantung, sekresi kelenjar, aktivitas sistem kekebalan tubuh,
2. Kontrol tumbuh dan kembang
3. Pengontrol sistem reproduksi
4. Membantu membentuk ritme sirkadian.

Hormon membantu mengatur fungsi organ bersama sistem saraf. Sistem regulasi ganda ini, dimana sistem saraf lebih cepat mempengaruhi organ dibanding sistem hormon. Sehingga menghasilkan kontrol yang tepat bagi fungsi tubuh. Kelenjar-kelenjar endokrin terdiri dari sel sekretori disusun dalam cluster disebut acini. Tidak memiliki saluran sendiri, namun kelenjar memiliki dan kaya akan suplay darah sehingga hasil produk hormon bisa masuk kedalam darah dengan cepat.

H. FISILOGI SISTEM IMUNOLOGI

Sistem imun adalah gabungan sel, jaringan dan molekul yang berfungsi secara fisiologis dalam mencegah dan membasmi mikroorganisme, mencegah pertumbuhan tumor dan kanker, serta memperbaiki kerusakan jaringan.

1. System imun bawaan (*Innate Immunity*)

Innate immunity adalah sistem imun yang sudah ada sejak lahir, merupakan sistem imun garda terdepan baik dalam melawan serangan mikroorganisme penginfeksi seperti virus, bakteri, jamur, parasit, dan toksin, maupun bila tubuh terluka atau mengalami trauma. Sistem ini tidak memiliki memori dan

spesifisitas dalam melawan mikroorganisme penginfeksi. Komponen sistem imun bawaan terdiri dari lapisan epitel kulit, lapisan epitel mukosa (antara lain di sistem pencernaan, pernafasan, dan urogenital), zat-zat kimia yang dihasilkan epitel tersebut, jaringan kelenjar (antara lain kelenjar saliva, kelenjar air mata dan kelenjar payudara), sel-sel fagosit (antara lain neutrofil dan makrofag), sel dendritik, sel mast, sel NK (Natural Killer), dan protein komplemen.

Sistem imun bawaan bekerja dengan dua mekanisme, yaitu inflamasi dan perlawanan terhadap antimikroba. Barrier epitel akan mencegah mikroba masuk ke jaringan. Bila mikroba dapat melewati barrier epitel maka sel dendritik dan sel mast yang merupakan komponen di jaringan akan memicu aktivitas sel-sel fagosit untuk merusak pathogen dengan memproduksi berbagai zat seperti sitokin dan neurotransmitter (antara lain histamine) yang akan menyebabkan pembengkakan sehingga sel sel darah putih (leukosit) yang mengandung neutrofil dan makrofag, sel natural killer, dan komponen lainnya dialirkan ke tempat infeksi. Neutrofil dan makrofag akan membasmi mikroorganisme penginfeksi, dan sel natural killer akan membunuh sel yang terinfeksi. Selanjutnya sel dendritik akan mengaktifasi sistem imun adaptif.

2. Sistem imun adaptif (*Acquired Immunity*)

Merupakan sistem imun yang diperoleh sebagai respon paparan mikroorganisme dalam proses kehidupan individu. Komponen sistem imun adaptif terdiri dari sel limfosit B, sel limfosit T, reseptor sel B, reseptor sel T, Major Histocompatibility Complex (MHC), immunoglobulin dan protein komplemen.

Bila sistem imun bawaan tidak dapat melawan mikroorganisme yang menginvasi, maka sel dendritik akan mengaktifkan sistem imun adaptif. Selanjutnya sel limfosit B mengenali antigen yang ditampilkan oleh sel dendritik lalu memproduksi antibodi. Antibodi atau immunoglobulin memiliki empat isotipe yaitu IgA,

IgD, IgE, IgG dan IgM. Antibodi diproduksi sesuai antigen yang dikenali dan bersifat spesifik. Setiap ujung komponen antibodi memiliki struktur yang dapat berikatan dengan struktur di antigen, sehingga sel yang terinfeksi dapat ditandai dan dibunuh oleh komponen sistem imun lainnya. Sel limfosit T pembantu (Tcell helper) juga mengenali antigen tersebut dan mensekresi sitokin, lalu sitokin tersebut akan menstimulasi berbagai respon imun sehingga sel yang terinfeksi dibunuh.

I. FISILOGI SISTEM LIMFATIK

Lymphatic system/sistem getah bening adalah suatu sistim yang akan membawa cairan dan protein yang hilang masuk kembali ke dalam darah dengan cara berdifusi kedalam kapiler limfa yang terjalin diantara kapiler-kapiler sistim kardiovaskular. Sistem limfe merupakan bagian dari sistem Imunitas yang berperanan penting dalam pertahanan tubuh terhadap penyakit merupakan salah satu mekanisme pertahanan tubuh terhadap infeksi.

Kelenjar getah bening berfungsi sebagai penyaring bila ada infeksi lokal yang disebabkan bakteri atau virus. Apabila ada antigen yang menginfeksi maka kelenjar getah bening akan menghasilkan sel-sel pertahanan tubuh yang lebih banyak untuk mengatasi antigen tersebut sehingga kelenjar getah bening membesar. Pembesaran kelenjar getah bening dapat berasal dari penambahan sel-sel pertahanan tubuh yang berasal dari kelenjar getah bening itu sendiri seperti limfosit, sel plasma, monosit dan histiosit atau karena datangnya sel-sel peradangan (neutrofil) untuk mengatasi infeksi di kelenjar getah bening (limfadenitis), infiltrasi (masuknya) sel-sel ganas atau timbunan dari penyakit *metabolite macrophage (gaucher disease)*.

Fisiologi Kelenjar Getah Bening: apabila ada antigen yang menginfeksi maka kelenjar getah bening akan menghasilkan sel-sel pertahanan tubuh yang lebih banyak untuk mengatasi antigen

tersebut sehingga kelenjar getah bening membesar. Pembesaran kelenjar getah bening dapat berasal dari: penambahan sel-sel pertahanan tubuh yang berasal dari kelenjar getah bening itu sendiri seperti limfosit, sel plasma, monosit dan histiosit; karena datangnya sel-sel peradangan (neutrofil) untuk mengatasi infeksi di kelenjar getah bening (limfadenitis); infiltrasi (masuknya) sel-sel ganas. timbunan dari penyakit *metabolite macrophage (gaucher disease)*.

J. FISILOGI SISTEM URINARIA

Sistem perkemihan terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih dan uretra. Fungsi utama dari sistem perkemihan adalah untuk membuang produk limbah organik atau sisa metabolisme sel-sel tubuh. Beberapa fungsi lain yang tidak kalah penting adalah mengatur volume dan tekanan darah, mengatur konsentrasi ion-ion di dalam plasma dan membantu menstabilkan pH darah.

Tahap awal filtrasi memisahkan partikel-partikel berdasarkan muatan dan ukurannya, melibatkan tekanan hidrostatis di dalam glomerulus dan penghalang filtrasi yang terdiri dari sel endotel, membran basal dan podosit. Molekul-molekul kecil seperti air, glukosa dan produk limbah sisa metabolisme bisa melewatinya, sedangkan molekul yang lebih besar seperti sel darah dan protein akan tertahan. Setelah terjadi filtrasi di glomerulus, filtrat akan bergerak menuju tubulus renalis, yang berfungsi menjalankan proses reabsorpsi dan sekresi. Di tubulus, terjadi proses reabsorpsi zat-zat yang penting bagi tubuh seperti elektrolit, glukosa dan asam amino ke dalam darah untuk mempertahankan komposisi optimal dari tubuh. Proses ini dibawah kendali ADH yang dihasilkan oleh kelenjar hipofisis di otak. Saat filtrat diteruskan ke tubulus renalis, filtrat akan mengalami proses pemekatan dan modifikasi. Fungsi sekresi dijalankan oleh tubulus dengan secara aktif mengangkut produk limbah tambahan, obat-obatan dan ion berlebih dari darah. Urin terbentuk setelah filtrat mengalami modifikasi di tubulus renalis, selanjutnya dialirkan ke saluran pengumpul, untuk kemudian

menuju ke kaliks minor, kaliks major dan akhirnya pelvis renalis. Dari pelvis renalis urin akan dialirkan ke ureter untuk nantinya ditampung di dalam kandung kemih sebelum akhirnya dikeluarkan dari tubuh secara berkala.

Batas volume urin yang dapat ditampung oleh kandung kemih sebelum menimbulkan dorongan untuk miksi adalah 200-400 ml. Saat volume urin yang terkumpul dalam kandung kemih sudah mencapai 500 ml, akan terjadi peningkatan tekanan dalam kandung kemih, yang akan menstimulasi reseptor regang yang terdapat di dalam dinding kandung kemih. Reseptor ini mengirimkan sinyal ke medula spinalis dan memicu refleks spinal yaitu refleks berkemih.

Lengkung refleks yang terjadi adalah sinyal parasimpatis dari pusat berkemih akan dihantarkan dan disebarkan ke dinding kandung kemih yang mengakibatkan terjadinya kontraksi otot detrusor, dan dihantarkan juga ke sfingter uretra internus yang akan memicu terjadinya relaksasi cincin otot polos tersebut. Pada saat yang sama, pusat berkemih yang terletak setinggi sakrum dua dan tiga ini akan menghambat saraf motorik somatik yang mempersarafi cincin otot rangka pada sfingter uretra eksternus. Pada saat terjadi kontraksi otot dinding kandung kemih dan relaksasi otot-otot sfingter uretra inilah terjadi miksi.

K. FISILOGI SISTEM REPRODUKSI

Fisiologi system reproduksi Wanita, secara umum sebagai berikut:

1. Fase proliferasi

Fase ini terjadi bersamaan dengan pertumbuhan folikel dalam ovarium, folikel primer menjadi folikel de graff, bersamaan pula dengan sekresi hormon estrogen. Terjadi pembentukan epitel permukaan dan lamina propria, terjadi proliferasi kelenjar, dimana kelenjar tersusun rapat dan padat dan terbentuk coiled arteri

2. Fase sekresi

Fase ini terjadi bersamaan dengan aktifitas corpus luteum dan sekresi hormon progesteron. Terjadi hipertrofi sel kelenjar dan timbunan cairan antar sel sehingga endometrium menebal. Bentuk kelenjar seperti gergaji. Coiled arteri bertambah dan mendekati permukaan. Sel stroma membesar dan disebut sel Decidua.

3. Fase Iskemik

Fase ini terjadi sekitar 13-14 hari setelah ovulasi, Coiled arteri menyempit sehingga endometrium tampak pucat. Terdapat infiltrasi leukosit dalam stroma.

4. Fase menstruasi

Pada fase ini endometrium terkelupas dan keluar sebagai menstrual discharge yang terdiri dari : darah arteri vena, sel epitel dan stroma, serta sekret kelenjar.

L. FISILOGI SISTEM INDERA

1. Indera penglihatan

Proses akomodasi adalah kemampuan dari lensa untuk menambah dioptrinya (daya bias suatu lensa yang tergantung dari derajat lengkung permukaan lensa dan indeks bias dari zat yang membutuhkan lensa). Proses akomodasi pada mata normal terjadi dalam keadaan istirahat.

- a. Sinar sejajar yang berasal dari tempat tidak akan difokuskan tepat pada retina sehingga bayangan akan jelas terlihat.
- b. Sinar divergen yang berasal dari jarak 6 m akan dibiaskan oleh mata di belakang retina, sehingga bayangannya oleh mata akan tampak kabur.
- c. Sinar konvergen oleh mata akan dibiaskan di depan retina, sehingga bayangannya juga akan tampak kabur.

Pada mata normal untuk melihat jarak kurang dari 5 atau 6 meter maka mata akan berusaha untuk membiaskan atau memfokuskan bayangan, sehingga tepat jatuh pada retina.

2. Indera pendengaran

Dimulai dari adanya getaran suara (F 16-2000 Hz), ditangkap oleh daun telinga → menggetarkan membrane tympani → diteruskan melalui tulang-tulang pendengaran di lubang tengah → tulang stapes cairan endolinpe di dalam labirin → ditangkap oleh organ corti. Getaran bunyi yang masuk disebut getaran mekanis diubah → getaran elektris oleh nervus cocklearis disalurkan ke pusat-pusat di otak → lobus temporalis sehingga terjadi kesadaran bunyi.

3. Indera penciuman

Penciuman disarafi oleh Nervus I (Nervus Olfaktorius) juga disaraf oleh Nervus VI (Nervus Trigemini) yang berfungsi sebagai reflek perlindungan tubuh terhadap saluran pernafasan (reflek bersin, batuk dan sebagainya). Supaya udara pernafasan dapat mencapai rongga hidung bagian atas (area olfaktoria) maka kita harus menarik nafas dalam-dalam. Dengan demikian terjadi arus memutar dari udara pernafasan sehingga gas yang mengandung zat yang berbau tadi akan sampai pada ara olfaktoria akan bau akan tercium.

4. Indera pengecap

Pada permukaan lidah, reseptornya berupa tonjolan-tonjolan kecil yang disebut papila feliformis, papila fungiformis dan papila circumfalata. Reseptornya berbentuk piala pengecap yang disebut gemma sustantorea. Pengecapan ini juga disarafi oleh Nervus VII (Fasialis), dan Nervus IX (Glossofaringeus). Pada lidah juga ada Nervus V (Trigemini), yaitu untuk mensarafi raba, sakit dan suhu.

5. Indera peraba

Rangsangan yang diterima kulit berupa panas, dingin, tekanan dan nyeri. Ketika kulit menerima rangsang, rangsang tersebut diterima oleh sel-sel reseptor. Selanjutnya, rangsang akan diteruskan ke otak melalui urat saraf. Oleh otak, rangsang akan diolah, akibatnya kita akan merasakan adanya suatu rangsang. Otak pun memerintahkan tubuh untuk menanggapi rangsang tersebut.

M. RANGKUMAN

Fisiologi manusia adalah ilmu yang mempelajari tentang faal (fungsi) dari tubuh manusia. Fisiologi sistemik yaitu ilmu yang mempelajari fungsi suatu organ secara sistemik. disiplin akademik fisiologi memandang tubuh sebagai kumpulan sistem yang saling berinteraksi, masing-masing dengan kombinasi sendiri serta fungsi dan tujuan masing-masing. Setiap sistem tubuh berkontribusi terhadap homeostasis sistem lain dari seluruh organisme. Tidak ada sistem tubuh bekerja sendiri, dan kesehatan orang tergantung pada kesehatan semua sistem tubuh yang saling berinteraksi.

N. TES FORMATIF

1. Disebut apakah sistem untuk melindungi tubuh terhadap pengaruh agen infeksi serta menghancurkan zat – zat asing yang dilakukan oleh sel dan organ khusus sehingga tubuh tidak terkena penyakit
 - a. Sistim cardiovascular
 - b. Sistim respirasi
 - c. Sistim kekebalan
 - d. Sistim digestif
 - e. Sistim endokrin

O. LATIHAN

Jelaskan keterkaitan antara fisiologi system kardiovaskuler dengan system pernafasan!

KEGIATAN BELAJAR 5

PATOFISIOLOGI

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

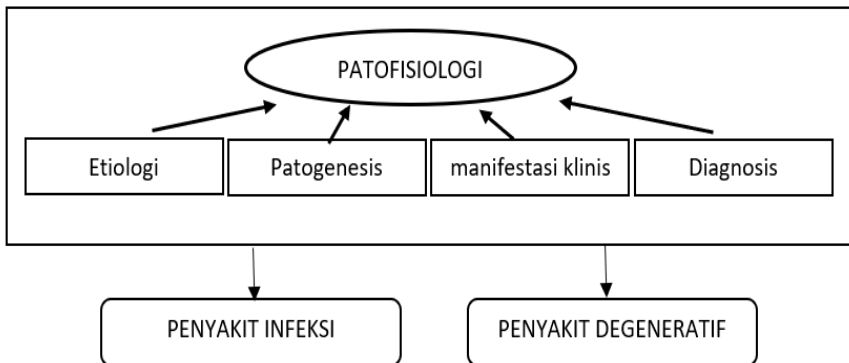
Pada bab ini mahasiswa mempelajari pengenalan dan konsep patofisiologi mencakup empat topik yang saling berkaitan, yaitu etiologi, patogenesis, manifestasi klinis, dan Diagnosis dalam setiap proses perjalanan penyakit

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mampu menjelaskan Komponen dasar Patofisiologi penyakit
2. Mampu menjelaskan Patofisiologi penyakit infeksi dan Penyakit Degeneratif

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENGERTIAN PATOFISIOLOGI

Patofisiologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *patos* yang berarti penyakit dan *logos* yang berarti ilmu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa patofisiologi merupakan ilmu yang membahas tentang proses terjadinya suatu penyakit.

Patofisiologi atau *physiopathology* adalah berasal dari dua kata yaitu *patologi* dengan *fisiologi*. Patologi adalah disiplin medis yang menggambarkan kondisi yang biasanya diamati selama keadaan penyakit, sedangkan fisiologi adalah mengkaji tentang mekanisme yang menggerakkan proses kehidupan, berhubungan dengan pengendalian dan proses terjadinya tatanan molekuler seperti sistem kerja tubuh.

B. DASAR DASAR PATOFISIOLOGI

Patofisiologi mencakup empat topik yang saling berkaitan, yaitu etiologi, patogenesis, manifestasi klinis, dan Diagnosis dalam setiap proses perjalanan penyakit

1. Etiologi

Etiologi merupakan studi yang mempelajari tentang kausalitas (penyebab) dan asal-muasal sesuatu. Kata ini berasal dari bahasa Yunani *αἰτιολογία*, *aitiologia*, yang artinya "memberi alasan untuk" (*αἰτία*, *aitia*, "penyebab"; dan *-λογία*, *-logia*).

Di bidang kedokteran, etiologi mengacu pada penyebab dari suatu penyakit atau gangguan kesehatan. Ketika suatu etiologi suatu penyakit tidak dapat ditentukan atau diketahui secara pasti hingga akhirnya muncul teori kuman penyakit.

Etiologi adalah studi tentang penyebab atau sumber suatu penyakit atau kelainan. Etiologi sering digunakan untuk mencari tahu apa yang menyebabkan seseorang terkena

penyakit tertentu, bagaimana penyakit tersebut menyebar, dan bagaimana penyakit tersebut dapat dicegah atau diobati.

2. Patogenesis.

Patogenesis adalah istilah kedokteran yang berasal dari bahasa Yunani pathos, penyakit, dan genesis, penciptaan. Patogenesis merupakan keseluruhan proses perkembangan penyakit atau patogen, termasuk setiap tahap perkembangan, rantai kejadian yang menuju kepada terjadinya patogen tersebut dan serangkaian perubahan struktur dan fungsi setiap komponen yang terlibat di dalamnya, seperti sel, jaringan tubuh, organ, oleh stimulasi faktor-faktor eksternal seperti faktor mikrobial, kimiawi dan fisis.

Proses patogenesis dimana stimulus penyakit adalah interaksi antara inang, agen penyakit dan lingkungan yg memicu proses Penyakit selanjutnya Periode pre-patogenesis periode saat terjadinya stimulus penyakit sampai terjadinya respons dari tubuh berlanjut Periode patogenesis reaksi pejamu terhadap faktor stimulasi penyakit patogenesis awal, kerusakan awal jaringan, Penyakit lanjut, dan konvalesen (pemulihan) setelahnya mulai saat terjadinya kelainan/gangguan pada tubuh manusia akibat interaksi antara stimulus penyakit dengan manusia sampai terjadinya : kesembuhan, kematian, kelainan yang menetap dan cacat.

3. Manifestasi klinis

Manifestasi klinis adalah istilah yang sering ditemui dalam dunia kedokteran. Secara umum, manifestasi klinis adalah tanda atau gejala yang dapat diamati atau dirasakan oleh dokter atau pasien selama suatu kondisi penyakit.

Manifestasi klinis adalah gejala atau tanda-tanda yang dapat diamati atau dirasakan oleh pasien atau pengamat lainnya. Secara khusus, manifestasi klinis mencakup berbagai gejala subjektif yang dirasakan oleh pasien (seperti nyeri atau pusing)

serta tanda-tanda objektif yang dapat dilihat atau diukur oleh tenaga medis (seperti demam atau kulit yang pucat). Manifestasi klinis ini penting untuk diagnosis penyakit dan perencanaan pengobatan karena mereka memberikan petunjuk tentang apa yang terjadi di dalam tubuh pasien.

4. Diagnosis

Diagnosis merupakan istilah yang diadopsi dari bidang medis dan kedokteran sebagai proses untuk penentuan jenis penyakit dengan cara melihat dari gejala-gejala yang muncul. Dalam dunia pendidikan, istilah “diagnosis” adalah upaya menentukan penyakit atau kelemahan yang dialami seseorang melalui pengujian untuk mendapatkan suatu keputusan yang saksama atas gejala-gejala yang dialami.

Diagnosis medis adalah penentuan kondisi kesehatan yang sedang dialami oleh seseorang sebagai dasar pengambilan keputusan medis untuk prognosis dan pengobatan. Diagnosis dilakukan untuk menjelaskan gejala dan tanda klinis yang dialami oleh seorang pasien, serta membedakannya dengan kondisi lain yang serupa. Penegakan diagnosis diawali dengan mengumpulkan informasi melalui anamnesis yang dilanjutkan dengan pemeriksaan fisik terhadap pasien. Penegakan suatu diagnosis diawali dengan cara mengumpulkan informasi melalui anamnesis atau yang berkaitan dengan pemeriksaan riwayat kesehatan yang kemudian akan dilanjutkan dengan pemeriksaan kondisi fisik pasien. Pemeriksaan lanjutan diagnostik biasanya dilakukan dengan ultrasonografi, sinar-x atau uji laboratorium seperti pemeriksaan urin dan darah yang sering diperlukan selama proses diagnosis

C. KONSEP DASAR PENYAKIT INFEKSI

1. Pengertian Infeksi

Infeksi adalah proses invasif oleh mikroorganisme dan berproliferasi didalam tubuh yang menyebabkan sakit, infeksi adalah beberapa penyakit yang disebabkan oleh pertumbuhan organisme patogenik dalam tubuh.

Penyakit infeksi adalah kondisi penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit yang masuk dan berkembang biak di dalam tubuh manusia atau organisme lainnya. Mikroorganisme ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang bervariasi, mulai dari ringan hingga parah, tergantung pada jenis mikroorganisme, bagian tubuh yang terinfeksi, dan kekuatan sistem kekebalan tubuh individu

2. Factor Penyebab Penyakit Infeksi

Penyakit infeksi adalah penyakit yang disebabkan oleh mikroba patogen, dan bersifat sangat dinamis. Secara umum proses terjadinya penyakit melibatkan tiga faktor yang saling berinteraksi yaitu : faktor penyebab penyakit (agen), faktor manusia atau pejamu (host) dan faktor lingkungan (Environment)

a. faktor penyebab penyakit (agen)

Agen yaitu penyebab infeksi yaitu mikroorganisme yang masuk bisa karena agennya sendiri atau karena toksin yang dilepas mikroorganisme tersebut adalah Bakteri, jamur, parasit dan virus.

b. Faktor manusia atau pejamu (host)

Adalah tempat dimana mikroorganisme pathogen dapat hidup baik berkembang biak atau tidak. Yang bisa berkembang sebagai reservoir adalah manusia, binatang, makanan, air, serangga dan benda lain. Kebanyakan reservoir adalah tubuh manusia, terutama dikulit, mukosa, cairan atau drainase.

c. faktor lingkungan (Environment)

Environment itu lingkungan di sekitar agen dan host. Ada agen tertentu yang hanya bisa bertahan atau menginfeksi pada keadaan lingkungan yang tertentu juga

D. PATOFISIOLOGI PENYAKIT INFEKSI BAKTERI

Penyakit infeksi bakteri adalah kondisi yang disebabkan oleh bakteri patogen yang menginfeksi tubuh manusia. Bakteri patogen ini bisa menyebabkan berbagai macam penyakit, mulai dari infeksi ringan hingga yang sangat serius. Contoh penyakit infeksi bakteri adalah Penyakit Tuberkulosis Paru.

1. Patofisiologi Penyakit Tuberkulosis Paru.

Tuberkulosis Paru adalah suatu penyakit kronik menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat tahan asam sehingga dikenal dengan Basil Tahan Asam (BTA)

Infeksi diawali karena seseorang menghirup basil *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri menyebar melalui jalan napas menuju alveoli lalu berkembang biak dan terlihat bertumpuk. Perkembangan *Mycobacterium tuberculosis* juga dapat menjangkau sampai ke area lain dari paru (lobus atas). Basil juga menyebar melalui sistem limfe dan aliran darah ke bagian tubuh lain (ginjal, tulang dan korteks serebri) dan area lain dari paru (lobus atas).

Selanjutnya sistem kekebalan tubuh memberikan respons dengan melakukan reaksi inflamasi. Neutrofil dan makrofag melakukan aksi fagositosis (menelan bakteri), sementara limfosit spesifik-tuberkulosis menghancurkan (melisiskan) basil dan jaringan normal. Infeksi awal biasanya timbul dalam waktu 2-10 minggu setelah terpapar bakteri. Interaksi antara *Mycobacterium tuberculosis* dan sistem kekebalan tubuh pada

masa awal infeksi membentuk sebuah massa jaringan baru yang disebut granuloma.

Granuloma terdiri atas gumpalan basil hidup dan mati yang dikelilingi oleh makrofag seperti dinding. Granuloma selanjutnya berubah bentuk menjadi massa jaringan fibrosa. Bagian tengah dari massa tersebut disebut ghon tubercle. Materi yang terdiri atas makrofag dan bakteri yang menjadi nekrotik yang selanjutnya membentuk materi yang berbentuk seperti keju (necrotizing caseosa). Hal ini akan menjadi klasifikasi dan akhirnya membentuk jaringan kolagen, kemudian bakteri menjadi nonaktif.

E. PATOFISIOLOGI PENYAKIT INFEKSI VIRUS

Penyakit infeksi virus adalah kondisi yang disebabkan oleh virus patogen yang menginfeksi tubuh manusia. Virus merupakan parasit intraselular obligat yang memanfaatkan sel inang untuk mereplikasi diri dan menyebar ke sel-sel tubuh lainnya. Sehingga penyakit yang seseorang dapatkan karena virus menggunakan sel tubuh orang yang terinfeksi untuk membuat lebih banyak salinan tubuhnya sendiri (virus). Contoh penyakit infeksi virus adalah Penyakit varisela, atau cacar air

1. Patofisiologi Penyakit varisela

Varicella atau cacar air adalah jenis penyakit kulit yang terjadi karena adanya infeksi virus pada tubuh seseorang. Infeksi virus tersebut akan membuat tubuh penderitanya timbul lenting atau lepuhan berisi air di sekujur tubuh. Cacar air adalah penyakit kulit menular yang cukup sering terjadi.

Patofisiologi varisela atau cacar air, melibatkan serangkaian proses biologis yang terjadi setelah seseorang terinfeksi virus varisela-zoster (VZV), yang merupakan virus herpes yang menyebabkan penyakit ini. Berikut adalah tahapan-tahapan utama dalam patofisiologi varisela, Paparan dan Masuknya

Virus: Infeksi dimulai ketika seseorang terpapar dengan VZV. Virus ini dapat masuk ke tubuh melalui saluran pernapasan, misalnya ketika seseorang menghirup droplet yang mengandung virus dari batuk atau bersin orang yang terinfeksi.

Replikasi di Saluran Pernapasan: Setelah masuk, virus VZV berkembang biak di sel-sel epitel saluran pernapasan bagian atas. Penyebaran Ke Seluruh Tubuh: Virus kemudian menyebar ke seluruh tubuh melalui aliran darah dan sistem limfatik. Selama proses ini, virus dapat menyebar ke kulit, menyebabkan gejala utama seperti ruam dan lepuhan.

Perjalanan Penyakit: Setelah munculnya ruam, vesikel akan berubah menjadi kerak dan biasanya sembuh dengan sendirinya dalam beberapa minggu. Selama fase ini, virus masih dapat menular jika seseorang yang belum terinfeksi terpapar dengan cairan dari vesikel yang pecah.

Infeksi Laten: Setelah sembuh dari varisela, virus VZV tidak sepenuhnya dikeluarkan dari tubuh, tetapi masuk ke dalam saraf sensorik tertentu dan berdiam di sana dalam bentuk laten. Virus ini dapat menyebabkan reaktivasi kemudian dalam hidup seseorang, menyebabkan penyakit herpes zoster (culek) pada masa dewasa

F. PATOFISIOLOGI PENYAKIT INFEKSI JAMUR

infeksi jamur adalah kondisi di mana organisme jamur menyerang tubuh manusia atau hewan dan menyebabkan berbagai gejala klinis. Infeksi jamur dapat terjadi pada kulit, kuku, rambut, saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan bahkan organ dalam seperti paru-paru atau sistem saraf, penyakit Infeksi jamur adalah kondisi medis yang disebabkan oleh jamur. Penyakit ini menular antar manusia maupun ditularkan dari hewan ke manusia. contoh

penyakit infeksi jamur pada manusia adalah Penyakit Panu (Pityriasis versicolor)

1. Patofisiologi Penyakit Panu (Pityriasis versicolor)

Penyakit Panu (Pityriasis versicolor) adalah suatu penyakit jamur kulit yang kronik dan asimtomatik serta ditandai dengan bercak putih sampai coklat yang bersisik. Kelainan ini umumnya menyerang badan dan kadang-kadang terlihat di ketiak, sela paha, tungkai atas, leher, muka, dan kulit kepala.

Penyakit Panu atau Pityriasis versicolor adalah suatu infeksi kulit yang disebabkan oleh jamur *Malassezia*, terutama *Malassezia globosa* dan *Malassezia furfur*. Berikut adalah penjelasan mengenai patofisiologi dari penyakit ini.

Kolonisasi dan Pertumbuhan Jamur: *Malassezia* adalah jamur lipofilik yang secara alami berada di kulit manusia. Pada kondisi tertentu, seperti kelembaban tinggi, keringat berlebihan, atau perubahan hormonal, jamur ini dapat berkembang biak secara berlebihan. **Pengaruh Metabolik:** *Malassezia globosa* dan *Malassezia furfur* memiliki kemampuan untuk menghasilkan asam azelaic dan peroksidase, yang diduga berperan dalam patogenesis Pityriasis versicolor. Asam azelaic dapat menghambat sintesis melanin oleh melanosit kulit, yang menyebabkan terbentuknya bercak-bercak yang terlihat pada penyakit ini.

Perubahan Pigmentasi Kulit: Jamur *Malassezia*, melalui produksi metabolitnya, mengganggu proses normal pengaturan pigmentasi kulit. Hal ini mengakibatkan terbentuknya bercak-bercak hipopigmentasi atau hiperpigmentasi di kulit yang terinfeksi. **Lesi Kulit:** Lesi pada Pityriasis versicolor berupa bercak-bercak dengan warna yang berbeda-beda (misalnya putih, coklat, atau kemerahan) yang biasanya terlihat lebih jelas setelah paparan sinar matahari karena kulit sekitar bercak tidak dapat menghasilkan melanin seperti biasanya.

G. PATOFISIOLOGI PENYAKIT INFEKSI PARASIT

Infeksi parasit adalah penyakit atau masalah kesehatan yang disebabkan oleh organisme yang hidup dari organisme lain (inang) untuk bertahan hidup. Beberapa parasit tidak terlalu memengaruhi inangnya. Namun, ada yang tumbuh, bereproduksi, atau menyerang sistem organ yang membuat inangnya sakit, mengakibatkan infeksi contoh penyakit infeksi parasit adalah Kaki gajah (Filariasis)

1. Patofisiologi Penyakit Kaki gajah (Filariasis)

Kaki gajah atau filariasis adalah pembengkakan tungkai akibat infeksi cacing jenis filaria. Cacing ini menyerang pembuluh getah bening dan ditularkan melalui gigitan nyamuk. Penularan: Infeksi filariasis terjadi ketika seseorang terkena gigitan nyamuk yang terinfeksi larva filaria. Larva kemudian berkembang menjadi cacing dewasa di dalam sistem limfatik manusia

Penyebaran Parasit: Cacing filaria dewasa biasanya menetap di sistem limfatik, terutama di kelenjar getah bening. Mereka menghasilkan mikrofilaria (larva muda) yang beredar dalam darah atau limfa, dan dapat dihisap oleh nyamuk saat nyamuk menggigit.

Respon Imun: Respon imun tubuh terhadap cacing filaria dan mikrofilaria dapat menyebabkan peradangan kronis dalam jaringan limfatik. Proses ini dapat merusak struktur limfatik dan menghambat aliran limfa, yang mengarah pada penumpukan cairan dan protein di jaringan (limfedema).

Obstruksi Limfatik: Akumulasi mikrofilaria dan reaksi peradangan dapat menyebabkan obstruksi parsial atau total pada pembuluh limfatik. Hal ini menghambat aliran limfa yang normal dan menyebabkan pembengkakan yang progresif dan tidak terbalik pada bagian tubuh tertentu, seperti kaki, lengan, atau skrotum.

H. KONSEP DASAR PENYAKIT DEGENERATIF

Penyakit degeneratif merupakan gangguan dimana terjadinya penurunan fungsi atau kerusakan struktur tubuh yang terjadi secara bertahap. Penyebab utama peningkatan penyakit ini adalah perubahan gaya hidup. Pola makan yang kurang memperhatikan keseimbangan antara asupan dan kebutuhan makan serta gaya hidup sedentary, disinyalir penyebab utama sebagian besar gangguan degeneratif

Penyakit degeneratif merupakan penyakit kronik menahun yang banyak mempengaruhi kualitas hidup serta produktivitas seseorang. Penyakit-penyakit degeneratif tersebut antara lain penyakit kardiovaskuler (jantung dan pembuluh darah) termasuk hipertensi, diabetes mellitus dan kanker. Salah satu penyakit degeneratif yang banyak terjadi dan yang mempunyai tingkat mortalitas yang cukup tinggi serta mempengaruhi kualitas hidup dan produktivitas seseorang salah satunya adalah hipertensi

1. Patofisiologi Penyakit Hipertensi

Hipertensi adalah suatu keadaan dimana tekanan darah sistolik pada tubuh seseorang lebih dari atau sama dengan 140 mmHg dan atau tekanan darah diastolik lebih dari atau sama dengan 90 mmHg. Patofisiologi terjadinya hipertensi adalah melalui terbentuknya angiotensin II dari angiotensin I oleh Angiotensin I Converting Enzyme (ACE) yang memegang peran fisiologis penting dalam mengatur tekanan darah. Darah mengandung angiotensinogen yang diproduksi di hati. Selanjutnya hormone renin akan diubah menjadi angiotensin I. Oleh ACE yang terdapat di paru-paru, angiotensin I diubah menjadi angiotensin II. Renin disintesis dan disimpan dalam bentuk inaktif yang

disebut prorenin dalam sel-sel jukstaglomerular (sel JG) pada ginjal. Sel JG merupakan modifikasi dari sel-sel otot polos yang terletak pada dinding arteriol aferen tepat di proksimal glomeruli. Bila tekanan arteri menurun, reaksi intrinsik dalam ginjal itu

sendiri menyebabkan banyak molekul protein dalam sel JG terurai dan melepaskan renin.

Angiotensin II adalah vasokonstriktor yang sangat kuat dan memiliki efek lain yang juga mempengaruhi sirkulasi. Selama angiotensin II ada dalam darah, maka angiotensin II mempunyai dua pengaruh utama yang dapat meningkatkan tekanan arteri. Pengaruh pertama yaitu vasokonstriksi, timbul dengan cepat. Vasokonstriksi terjadi terutama pada arteriol dan sedikit lemah pada vena. Cara kedua dimana angiotensin II meningkatkan tekanan arteri adalah dengan bekerja pada ginjal untuk menurunkan ekskresi garam dan air. Vasopressin atau disebut juga dengan ADH (Anti Diuretic System), bahkan lebih kuat daripada angiotensin sebagai vasokonstriktor, jadi kemungkinan merupakan bahan vasokonstriktor yang paling kuat dari tubuh. Bahan ini dibentuk hipotalamus tetapi diangkut menuruni pusat akson saraf ke glandula hipofise posterior, dimana akhirnya disekresi ke dalam darah.

Aldosteron yang disekresikan oleh sel-sel zona glomerulosa pada korteks adrenal, adalah suatu regulator penting bagi reabsorpsi natrium (Na^+) dan sekresi kalium (K^+) oleh tubulus ginjal. Tempat kerja utama aldosterone adalah pada sel-sel principal di tubulus koligentes kortikalis. Mekanisme dimana aldosterone meningkatkan reabsorpsi natrium sementara pada saat yang sama meningkatkan sekresi kalium adalah merangsang pompa natrium kalium ATPase pada sisi basolateral dari membrane tubulus koligentes kortikalis. Aldosteron juga meningkatkan permeabilitas natrium pada sisi luminal membrane. Sampai sekarang pengetahuan tentang pathogenesis hipertensi primer terus berkembang karena belum didapat jawaban yang memuaskan yang dapat menerangkan terjadinya peningkatan tekanan darah. Tekanan darah dipengaruhi oleh curah jantung dan tahanan perifer.

I. RINGKASAN

Patofisiologi atau physiopathology adalah berasal dari dua kata yaitu patologi dengan fisiologi. Patologi adalah disiplin medis yang menggambarkan kondisi yang biasanya diamati selama keadaan penyakit, sedangkan fisiologi adalah mengkaji tentang mekanisme yang menggerakkan proses kehidupan, berhubungan dengan pengendalian dan proses terjadinya tatanan molekuler seperti sistem kerja tubuh

Patofisiologi mencakup empat topik yang saling berkaitan, yaitu etiologi, patogenesis, manifestasi klinis, dan Diagnosis dalam setiap proses perjalanan penyakit

J. TES FORMATIF

Kerjakan soal berikut dengan memilih jawaban yang benar, berikut petunjuk pengisian jawaban pilih jawaban yang benar : a,b,c,d atau e masukan dalam kolom jawaban

1. ilmu yang membahas tentang proses terjadinya suatu penyakit adalah
 - a. Komplikasi
 - b. Patofisiologi
 - c. Etiologi
 - d. Manifestasi klinis
 - e. Diagnosis jawaban

2. Konsep Patofisiologi mencakup empat topik yang saling berkaitan, yaitu
 - a. Etiologi, Patogenesis, Manifestasi klinis, Diagnosis
 - b. Etiologi, Farmakologi, Manifestasi klinis, Diagnosis
 - c. Etiologi, Patogenesis, Geologi, Diagnosis
 - d. Etiologi, Patogenesis, Manifestasi klinis, Farmakologi

e. Farmakologi, Patogenesis, Manifestasi klinis, Diagnosis

jawaban

3. Proses perkembangan penyakit atau patogen, termasuk setiap tahap perkembangan, rantai kejadian yang menuju kepada terjadinya patogen tersebut dan serangkaian perubahan struktur dan fungsi setiap komponen dalam proses terjadinya penyakit

- a. Komplikasi
- b. Patofisiologi
- c. Etiologi
- d. Manifestasi klinis
- e. Diagnosis

jawaban

K. LATIHAN

Berikan beberapa contoh penyakit infeksi serta jelaskan patofisiologi penyakit tersebut ? Sebutka dan Jelaskan

KEGIATAN BELAJAR 6

FARMAKOLOGI DASAR

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

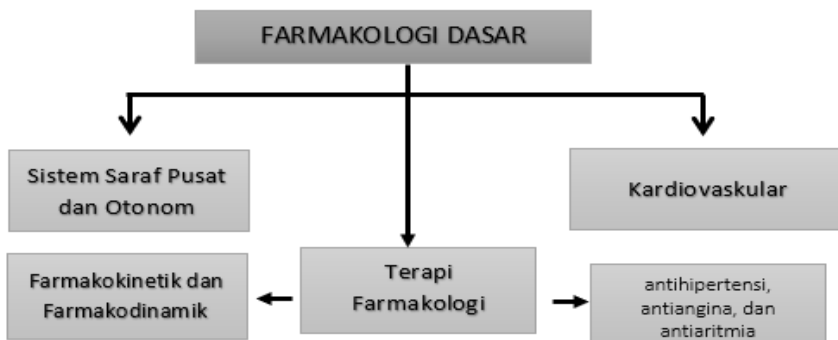
Pada bab ini mahasiswa mempelajari aspek penting dalam farmakologi yang memberikan pemahaman mendalam tentang prinsip dasar farmakologi hingga aplikasi klinisnya. Diharapkan mahasiswa dapat menguasai konsep-konsep farmakokinetik dan farmakodinamik, serta memahami peran berbagai kelas obat dalam pengobatan berbagai kondisi medis.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mengidentifikasi dan menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat.
2. Menjelaskan mekanisme aksi obat-obatan pada sistem saraf pusat dan otonom, serta penggunaan klinisnya.
3. Memahami peran dan penggunaan obat-obatan dalam pengobatan penyakit kardiovaskular.

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENDAHULUAN

Farmakologi adalah cabang ilmu yang mempelajari interaksi antara obat dan organisme hidup. Dalam definisi yang lebih luas, farmakologi mencakup pemahaman tentang mekanisme aksi obat, bagaimana obat diabsorpsi, didistribusikan, dimetabolisme, dan diekskresikan oleh tubuh, serta efek terapeutik dan toksik yang mungkin timbul. Farmakologi juga mempelajari bagaimana obat mempengaruhi sistem biologis dan bagaimana tubuh mempengaruhi obat tersebut.

Cabang-Cabang Farmakologi

1. **Farmakologi Eksperimental:** Mempelajari efek obat melalui penelitian laboratorium yang melibatkan model hewan dan sistem biologis *in vitro*. Bertujuan untuk memahami mekanisme aksi obat dan efek biologisnya.
2. **Farmakologi Klinis:** Mempelajari penggunaan obat pada manusia, termasuk uji klinis dan pengawasan pasca pemasaran. Fokus pada efektivitas obat dalam pengobatan klinis.
3. **Toksikologi:** Studi tentang efek toksik dari zat-zat kimia, termasuk obat, racun, dan bahan kimia lingkungan. Bertujuan untuk mengidentifikasi dosis aman dan risiko potensial dari paparan zat kimia.
4. **Farmakogenomik:** Studi tentang pengaruh variasi genetik individu terhadap respon terhadap obat. Bertujuan untuk mengembangkan terapi obat yang dipersonalisasi berdasarkan profil genetik individu.
5. **Farmakoterapi:** Penerapan pengetahuan farmakologi untuk merancang regimen pengobatan yang optimal. Fokus pada pemilihan obat yang tepat, dosis, dan durasi pengobatan untuk berbagai kondisi medis.

B. PRINSIP DASAR FARMAKOLOGI

Farmakokinetik

Absorpsi

Absorpsi adalah proses dimana obat berpindah dari tempat administrasi ke dalam aliran darah. Proses ini dapat terjadi melalui berbagai mekanisme seperti difusi pasif, difusi terfasilitasi, transport aktif, dan endositosis.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Absorpsi Obat:

Rute Administrasi: Cara pemberian obat (oral, intravena, intramuskular, subkutan, inhalasi, topikal) mempengaruhi kecepatan dan efisiensi absorpsi.

Bentuk Sediaan: Bentuk fisik obat (tablet, kapsul, larutan, suspensi) mempengaruhi kecepatan pelepasan dan penyerapan obat.

pH dan pKa Obat: pH lingkungan dan pKa obat mempengaruhi derajat ionisasi obat, yang berdampak pada kelarutan dan absorpsi obat.

Kondisi Fisiologis: Pergerakan gastrointestinal, aliran darah di tempat absorpsi, dan interaksi dengan makanan atau obat lain dapat mempengaruhi absorpsi.

Distribusi

Proses Penyebaran Obat dari Aliran Darah ke Jaringan Tubuh:

Setelah diabsorpsi, obat didistribusikan ke jaringan tubuh melalui aliran darah. Distribusi dipengaruhi oleh aliran darah ke jaringan, permeabilitas kapiler, dan kemampuan obat untuk menembus membran sel.

Konsep Volume Distribusi: Volume distribusi (V_d) adalah ukuran teoretis yang menggambarkan seberapa luas obat tersebar dalam tubuh. V_d dihitung berdasarkan konsentrasi obat dalam plasma dan dosis obat yang diberikan.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Distribusi Obat:

Aliran Darah: Jaringan dengan aliran darah tinggi (misalnya, hati, ginjal, otak) menerima obat lebih cepat daripada jaringan dengan aliran darah rendah.

Ikatan Protein: Obat dapat berikatan dengan protein plasma seperti albumin. Hanya obat bebas yang dapat berdifusi ke jaringan dan menimbulkan efek farmakologis.

Kelarutan Lipid: Obat yang larut dalam lemak dapat lebih mudah menembus membran sel dan didistribusikan ke jaringan yang kaya lemak.

Metabolisme

Proses Biotransformasi Obat Menjadi Bentuk yang Lebih Mudah Diekskresikan: Metabolisme obat adalah proses biokimia yang mengubah obat menjadi metabolit yang lebih mudah diekskresikan. Proses ini terutama terjadi di hati melalui enzim-enzim mikrosomal.

Peran Hati dalam Metabolisme Obat: Hati adalah organ utama yang terlibat dalam metabolisme obat. Enzim-enzim hati seperti sitokrom P450 memediasi reaksi oksidasi, reduksi, dan hidrolisis obat.

Fase I dan Fase II Metabolisme Obat:

Fase I (Reaksi Non-Sintetik): Meliputi reaksi oksidasi, reduksi, dan hidrolisis yang mengubah obat menjadi metabolit lebih polar.

Fase II (Reaksi Sintetik/Konjugasi): Meliputi reaksi konjugasi seperti glukuronidasi, sulfatasi, dan asetilasi yang membuat metabolit lebih larut dalam air dan siap diekskresikan.

Ekskresi

Proses Eliminasi Obat dari Tubuh: Ekskresi adalah proses dimana obat dan metabolitnya dikeluarkan dari tubuh. Ginjal adalah organ utama yang bertanggung jawab atas ekskresi obat melalui urin.

Rute Ekskresi Utama:

Ginjal: Ekskresi melalui urin adalah rute utama untuk banyak obat dan metabolitnya.

Hati: Obat dan metabolit dapat diekskresikan melalui empedu dan dieliminasi dalam feses.

Paru-Paru: Gas anestesi dan obat volatil dapat diekskresikan melalui napas.

Farmakodinamik**Mekanisme Aksi Obat**

Interaksi Obat dengan Reseptor: Obat bekerja dengan berinteraksi dengan reseptor spesifik pada sel target. Reseptor ini bisa berupa protein, enzim, atau molekul lain yang memediasi efek biologis obat.

Agonis dan Antagonis:

Agonis: Obat yang berikatan dengan reseptor dan mengaktifkannya untuk menghasilkan respon biologis.

Antagonis: Obat yang berikatan dengan reseptor tetapi tidak mengaktifkannya, sehingga menghambat aksi agonis.

Konsep Dosis-Respon: Hubungan antara dosis obat dan respon biologis. Kurva dosis-respon menggambarkan efek obat pada berbagai dosis, termasuk dosis efektif dan dosis toksik.

Efek Terapeutik dan Toksik

Efek Terapeutik: Respon yang diinginkan dan bermanfaat dari penggunaan obat.

Efek Toksik: Respon yang merugikan atau berbahaya yang muncul akibat penggunaan obat.

Indeks Terapeutik dan Margin Keamanan:

Indeks Terapeutik: Perbandingan antara dosis toksik dan dosis terapeutik. Semakin tinggi indeks terapeutik, semakin aman obat tersebut.

Margin Keamanan: Jarak antara dosis yang menghasilkan efek terapeutik dan dosis yang menghasilkan efek toksik.

Toksisitas Akut dan Kronis:

Toksisitas Akut: Efek merugikan yang muncul segera atau dalam waktu singkat setelah pemberian dosis tunggal atau ganda.

Toksisitas Kronis: Efek merugikan yang berkembang akibat paparan obat dalam jangka panjang atau penggunaan berulang.

C. SISTEM SARAF PUSAT DAN OBAT-OBATANNYA

Otak: Terdiri dari beberapa bagian utama seperti korteks serebral, otak kecil (serebelum), batang otak, dan sistem limbik. Otak mengatur fungsi-fungsi seperti pemikiran, emosi, gerakan, dan persepsi sensorik.

Korteks Serebral: Bertanggung jawab atas fungsi kognitif tinggi seperti berpikir, berbicara, dan memori.

Serebelum: Mengatur koordinasi gerakan dan keseimbangan.

Batang Otak: Mengontrol fungsi dasar seperti pernapasan, detak jantung, dan tekanan darah.

Sistem Limbik: Terlibat dalam pengaturan emosi dan memori.

Sumsum Tulang Belakang: Bertindak sebagai jalur penghubung antara otak dan tubuh. Mengirimkan impuls saraf ke dan dari otak serta mengatur refleks.

Peran Neurotransmitter dalam Sistem Saraf Pusat:

Neurotransmitter: Zat kimia yang memungkinkan transmisi sinyal antara neuron.

Dopamin: Terlibat dalam pengaturan gerakan, motivasi, dan emosi.

Serotonin: Mengatur suasana hati, tidur, dan nafsu makan.

GABA (Gamma-Aminobutyric Acid): Neurotransmitter inhibitori utama yang mengurangi aktivitas saraf.

Glutamat: Neurotransmitter eksitatori utama yang meningkatkan aktivitas saraf.

Acetylcholine: Terlibat dalam pengaturan memori dan pembelajaran.

Obat Analgesik

Klasifikasi Obat Analgesik:

Opioid: Termasuk morfin, kodein, dan fentanil. Digunakan untuk nyeri sedang hingga berat.

Non-Opioid: Termasuk obat antiinflamasi nonsteroid (NSAID) seperti ibuprofen dan aspirin, serta asetaminofen.

Mekanisme Aksi dan Penggunaan Klinis Analgesik:

Opioid: Bekerja dengan mengikat reseptor opioid di otak dan sumsum tulang belakang untuk mengurangi persepsi nyeri.

Penggunaan Klinis: Nyeri akut dan kronis, nyeri pasca operasi, nyeri kanker.

Non-Opioid: NSAID menghambat enzim siklooksigenase (COX) untuk mengurangi produksi prostaglandin yang menyebabkan nyeri dan peradangan.

Penggunaan Klinis: Nyeri ringan hingga sedang, nyeri inflamasi, nyeri haid, sakit kepala.

Efek Samping dan Risiko Ketergantungan:

Opioid: Efek samping termasuk mual, sembelit, kantuk, dan risiko tinggi ketergantungan dan overdosis.

Non-Opioid: Efek samping termasuk gangguan pencernaan, perdarahan gastrointestinal, dan kerusakan ginjal.

Obat Anestesi

Jenis-Jenis Anestesi:

Anestesi Umum: Membuat pasien tidak sadar dan bebas dari nyeri selama prosedur bedah. Contoh: propofol, isofluran.

Anestesi Lokal: Membuat bagian tubuh tertentu mati rasa tanpa mempengaruhi kesadaran. Contoh: lidokain, bupivakain.

Mekanisme Kerja Anestesi:

Anestesi Umum: Mengganggu transmisi sinyal saraf di otak dan sumsum tulang belakang, menyebabkan hilangnya kesadaran dan persepsi nyeri.

Anestesi Lokal: Menghambat saluran natrium di membran sel saraf, mencegah transmisi sinyal nyeri.

Penggunaan Klinis dan Efek Samping Anestesi:

Anestesi Umum: Digunakan untuk operasi besar dan prosedur yang memerlukan kehilangan kesadaran. **Efek Samping:** Hipotensi, mual, muntah, disorientasi pasca operasi.

Anestesi Lokal: Digunakan untuk prosedur minor seperti penjahitan luka, operasi gigi, dan biopsi. **Efek Samping:** Reaksi alergi, iritasi lokal, dan, jarang, efek sistemik seperti aritmia.

Obat Antiepilepsi

Mekanisme Aksi: Menstabilkan membran neuron dan menghambat pelepasan neurotransmitter eksitatori.

Klasifikasi:

Inhibitor Saluran Natrium: Contoh: fenitoin, karbamazepin.

Inhibitor Saluran Kalsium: Contoh: ethosuximide, gabapentin.

GABA Agonis: Contoh: fenobarbital, diazepam.

Modulator Sinaptik: Contoh: levetiracetam.

Penggunaan Klinis dalam Pengobatan Epilepsi:

Obat antiepilepsi digunakan untuk mengontrol berbagai jenis kejang termasuk kejang tonik-klonik, kejang absens, dan kejang fokal.

Terapi individual berdasarkan jenis kejang dan respon pasien terhadap obat.

Efek Samping dan Interaksi Obat Antiepilepsi:

Efek Samping: Pusing, kelelahan, penglihatan kabur, gangguan kognitif, dan gangguan hati.

Interaksi Obat: Banyak obat antiepilepsi dapat berinteraksi dengan obat lain, mengubah efektivitas dan tingkat toksisitasnya.

D. SISTEM SARAF OTONOM DAN OBAT-OBATANNYA

Sistem Saraf Otonom (SSO): Bagian dari sistem saraf yang mengatur fungsi tubuh yang tidak disadari, seperti detak jantung,

pernapasan, pencernaan, dan tekanan darah. SSO terbagi menjadi dua bagian utama:

Sistem Saraf Simpatik:

Fungsi: Mengaktifkan respon yang meningkatkan kesiagaan tubuh dalam situasi stres. Ini termasuk meningkatkan detak jantung, melebarkan pupil, dan menghambat proses pencernaan.

Neurotransmitter Utama: Norepinefrin.

Sistem Saraf Parasimpatik:

Fungsi: Mengaktifkan respon yang menenangkan tubuh setelah stres. Ini termasuk menurunkan detak jantung, mempersempit pupil, dan merangsang proses pencernaan.

Neurotransmitter Utama: Asetilkolin.

Peran Neurotransmitter dalam Sistem Saraf Otonom:

Norepinefrin (Noradrenalin): Neurotransmitter utama dalam sistem saraf simpatik. Mengikat reseptor adrenergik (alfa dan beta) untuk menghasilkan efek simpatomimetik.

Asetilkolin: Neurotransmitter utama dalam sistem saraf parasimpatik. Mengikat reseptor kolinergik (nikotik dan muskarinik) untuk menghasilkan efek parasimpatomimetik.

Obat Simpatomimetik

Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Obat Simpatomimetik:

Klasifikasi:

Agonis Alfa-Adrenergik: Contoh: fenilefrin, oksimetazolin.

Agonis Beta-Adrenergik: Contoh: isoproterenol, salbutamol.

Agonis Campuran: Contoh: epinefrin, norepinefrin.

Mekanisme Kerja: Obat simpatomimetik bekerja dengan meniru efek norepinefrin dan epinefrin pada reseptor adrenergik. Mereka dapat meningkatkan aktivitas jantung, memperluas bronkus, dan menyebabkan vasokonstriksi atau vasodilatasi tergantung pada tipe reseptor yang diaktifkan.

Penggunaan Klinis Obat Simpatomimetik:

Fenilefrin: Digunakan sebagai dekonjestan hidung dan untuk meningkatkan tekanan darah pada kondisi hipotensi.

Salbutamol: Digunakan untuk bronkodilatasi pada pengobatan asma dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK).

Epinefrin: Digunakan dalam resusitasi kardiopulmoner, anafilaksis, dan sebagai vasokonstriktor dalam anestesi lokal.

Efek Samping dan Kontraindikasi:

Efek Samping: Hipertensi, takikardia, palpitasi, tremor, insomnia, dan gelisah.

Kontraindikasi: Hipertensi berat, penyakit jantung koroner, hipertiroidisme, dan glaukoma.

Obat Parasimpatomimetik**Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Obat Parasimpatomimetik:****Klasifikasi:**

Agonis Muskarinik: Contoh: pilokarpin, betanekol.

Inhibitor Kolinesterase: Contoh: neostigmin, piridostigmin.

Mekanisme Kerja: Obat parasimpatomimetik bekerja dengan meniru efek asetilkolin pada reseptor muskarinik atau dengan menghambat enzim kolinesterase yang memecah asetilkolin, meningkatkan aktivitas parasimpatik.

Penggunaan Klinis Obat Parasimpatomimetik:

Pilokarpin: Digunakan untuk mengobati glaukoma dengan meningkatkan aliran keluar humor akueus dan mengurangi tekanan intraokular.

Betanekol: Digunakan untuk mengobati retensi urin dengan merangsang kontraksi otot detrusor kandung kemih.

Neostigmin: Digunakan untuk mengobati miastenia gravis dan sebagai penawar efek paralitik otot yang digunakan dalam anestesi.

Efek Samping dan Kontraindikasi:

Efek Samping: Mual, muntah, diare, berkeringat, bradikardia, dan spasme bronkus.

Kontraindikasi: Asma, ulkus peptikum, obstruksi saluran kemih atau gastrointestinal, dan penyakit Parkinson.

E. OBAT KARDIOVASKULAR

Anatomi dan Fungsi Dasar Jantung dan Pembuluh Darah:

Jantung:

Anatomi: Jantung terdiri dari empat ruang, yaitu dua atrium (kanan dan kiri) dan dua ventrikel (kanan dan kiri). Darah dipompa dari jantung melalui dua jalur utama: jalur pulmonal dan jalur sistemik.

Fungsi: Memompa darah ke seluruh tubuh untuk mengantarkan oksigen dan nutrisi serta mengeluarkan zat sisa metabolik.

Pembuluh Darah:

Arteri: Mengangkut darah yang kaya oksigen dari jantung ke seluruh tubuh.

Vena: Mengembalikan darah yang miskin oksigen ke jantung.

Kapiler: Tempat pertukaran gas, nutrisi, dan limbah antara darah dan jaringan tubuh.

Fisiologi Sirkulasi Darah:

Sirkulasi Pulmonal: Mengangkut darah dari jantung ke paru-paru untuk pertukaran gas dan kembali ke jantung.

Sirkulasi Sistemik: Mengangkut darah dari jantung ke seluruh tubuh dan kembali ke jantung.

Fungsi Jantung: Mengatur tekanan darah dan aliran darah melalui siklus jantung, yang terdiri dari fase diastol (pengisian) dan sistol (pemompaan).

Obat Antihipertensi

Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Obat Antihipertensi:

Diuretik: Mengurangi volume darah dengan meningkatkan ekskresi natrium dan air melalui ginjal. Contoh: hidroklorotiazid, furosemid.

Penghambat Enzim Pengubah Angiotensin (ACE): Menghambat konversi angiotensin I menjadi angiotensin II, menurunkan vasokonstriksi. Contoh: lisinopril, enalapril.

Antagonis Reseptor Angiotensin II (ARB): Menghalangi efek angiotensin II pada reseptornya. Contoh: losartan, valsartan.

Penghambat Saluran Kalsium: Mengurangi kontraksi otot polos pembuluh darah dan menurunkan tekanan darah. Contoh: amlodipin, nifedipin.

Beta-Blocker: Mengurangi denyut jantung dan output jantung. Contoh: metoprolol, atenolol.

Penggunaan Klinis dalam Pengobatan Hipertensi:

Diuretik, ACE inhibitors, ARB, dan penghambat saluran kalsium sering digunakan sebagai lini pertama dalam pengobatan hipertensi. Beta-blocker digunakan pada pasien dengan kondisi kardiovaskular lainnya seperti angina atau gagal jantung.

Efek Samping dan Kontraindikasi Obat Antihipertensi:

Efek Samping: Hipotensi, pusing, kelelahan, gangguan elektrolit (pada diuretik), batuk kering (pada ACE inhibitors).

Kontraindikasi: Kehamilan (untuk ACE inhibitors dan ARB), penyakit ginjal yang parah, bradikardia (untuk beta-blocker).

Obat Antiangina

Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Obat Antiangina:

Nitrates: Melebarkan pembuluh darah untuk meningkatkan aliran darah ke jantung. Contoh: nitrogliserin, isosorbid dinitrat.

Beta-Blocker: Mengurangi kebutuhan oksigen jantung dengan menurunkan denyut jantung dan tekanan darah. Contoh: propranolol, metoprolol.

Penghambat Saluran Kalsium: Mengurangi kontraksi otot jantung dan melebarkan arteri koroner. Contoh: verapamil, diltiazem.

Penggunaan Klinis dalam Pengobatan Angina Pectoris:

Nitrogliserin digunakan untuk mengatasi serangan angina akut.

Beta-blocker dan penghambat saluran kalsium digunakan untuk pencegahan jangka panjang angina.

Efek Samping dan Kontraindikasi Obat Antiangina:

Efek Samping: Sakit kepala, pusing, hipotensi, bradikardia.

Kontraindikasi: Hipotensi berat, syok kardiogenik, beberapa jenis gangguan irama jantung.

Obat Antiaritmia

Klasifikasi dan Mekanisme Kerja Obat Antiaritmia:

Kelas I (Penghambat Saluran Natrium): Menstabilkan membran sel jantung. Contoh: lidokain, kinidin.

Kelas II (Beta-Blocker): Mengurangi stimulasi simpatis pada jantung. Contoh: esmolol, propranolol.

Kelas III (Penghambat Saluran Kalium): Memperpanjang repolarisasi dan durasi potensi aksi. Contoh: amiodaron, sotalol.

Kelas IV (Penghambat Saluran Kalsium): Mengurangi konduksi melalui nodus AV. Contoh: verapamil, diltiazem.

Penggunaan Klinis dalam Pengobatan Aritmia:

Obat antiaritmia digunakan untuk mengobati berbagai jenis gangguan irama jantung, termasuk fibrilasi atrium, takikardia ventrikular, dan flutter atrium.

Efek Samping dan Kontraindikasi Obat Antiaritmia:

Efek Samping: Proaritmia (gangguan irama yang dipicu oleh obat), pusing, mual, efek toksik pada organ tertentu (misalnya, paru-paru dan tiroid untuk amiodaron).

Kontraindikasi: Beberapa kondisi kardiovaskular tertentu, gangguan elektrolit, kehamilan (tergantung jenis obat).

F. RANGKUMAN

Farmakologi mempelajari interaksi antara obat dan organisme hidup, termasuk mekanisme aksi, absorpsi, distribusi, metabolisme, ekskresi obat, serta efek terapeutik dan toksik. Komponen utama farmakologi meliputi farmakokinetik, yang mempelajari perjalanan obat dalam tubuh; farmakodinamik, yang mempelajari efek biologis obat; farmakoterapi, penerapan pengetahuan farmakologi untuk pengobatan; dan toksikologi, yang mempelajari efek berbahaya zat kimia. Sistem saraf pusat dan obat-obatannya termasuk neurotransmitter seperti dopamin, serotonin, GABA, glutamat, dan asetilkolin yang memungkinkan transmisi sinyal antar neuron. Obat analgesik, seperti opioid dan non-opioid, mengurangi nyeri dengan efek samping termasuk ketergantungan dan gangguan pencernaan. Obat anestesi, baik umum maupun lokal, digunakan dalam prosedur bedah dengan efek samping seperti hipotensi dan mual. Obat antiepilepsi menstabilkan membran neuron untuk mengontrol kejang, dengan efek samping seperti pusing dan kelelahan. Sistem saraf otonom, termasuk sistem saraf simpatik dan parasimpatik, diatur oleh obat simpatomimetik dan parasimpatomimetik yang memiliki efek samping seperti hipertensi dan mual. Obat kardiovaskular seperti diuretik, ACE inhibitors, ARB, beta-blocker, dan penghambat saluran kalsium digunakan untuk mengobati hipertensi dan angina pectoris, dengan efek samping seperti hipotensi dan sakit kepala. Obat antiaritmia mengobati gangguan irama jantung dengan menstabilkan membran sel jantung, dengan efek samping seperti proaritmia dan pusing.

G. TES FORMATIF

1. Efek samping yang umum terjadi pada penggunaan obat antihipertensi adalah:
 - a. Diare
 - b. Hipoglikemia
 - c. Bradikardia

- d. Hipertensi parah
- e. Nyeri kepala

Jawaban: E. Nyeri kepala

2. Mekanisme aksi utama obat antiepilepsi adalah:
- a. Menghambat DNA girase
 - b. Meningkatkan aktivitas neurotransmitter GABA
 - c. Menghambat metabolisme folat
 - d. Mengganggu mitosis
 - e. Meningkatkan sintesis protein

Jawaban: B. Meningkatkan aktivitas neurotransmitter GABA

3. Efek samping yang umum terjadi pada penggunaan obat simpatomimetik adalah:
- a. Hipertensi
 - b. Hipoglikemia
 - c. Bradikardia
 - d. Hipotensi
 - e. Diare

Jawaban: A. Hipertensi

H. LATIHAN

1. Jelaskan perbedaan antara agonist dan antagonist dalam konteks mekanisme aksi obat.
2. Deskripsikan peran neurotransmitter dalam sistem saraf pusat.
3. Jelaskan bagaimana obat simpatomimetik bekerja dan sebutkan dua contoh klinis penggunaannya.
4. Seorang pasien dengan riwayat hipertensi dan angina pectoris dirawat di rumah sakit. Jelaskan pilihan obat yang mungkin diberikan dan alasan pemilihannya.
5. Seorang pasien mengalami efek samping parah setelah mengonsumsi obat antiepilepsi. Bagaimana langkah-langkah yang harus diambil untuk menangani kasus ini?

KEGIATAN BELAJAR 7

BIOETIKA DAN REGULASI PADA BIOMEDIS

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

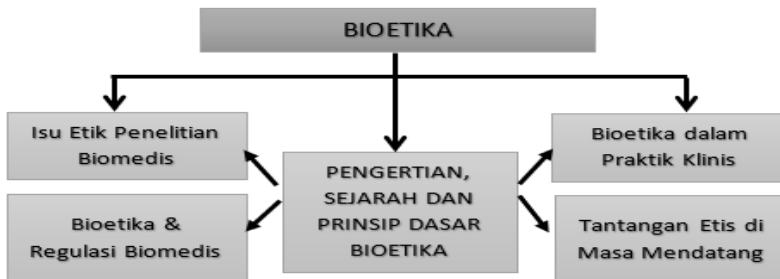
Pada bab ini mahasiswa mempelajari pengertian, sejarah dan konsep dasar bioetika, isu bioetika dan regulasi serta bioetika dalam biomedis dan tantangan etika biomedis dimasa mendatang. Diharapkan mahasiswa memiliki wawasan dan pemahaman untuk modal dasar mempelajari bioetika dan regulasi dalam biomedis, serta mampu menghadapi tatangan etika biomedis di masa mendatang.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mampu mengetahui definisi, sejarah bioetika dan prinsip dasar bioetika.
2. Mampu menjelaskan pendekatan teoritis bioetika biomedis
3. Mampu menjelaskan isu etik dalam penelitian biomedis.
4. Mampu menjelaskan bioetika dalam praktik klinis.
5. Mampu menjelaskan bioetika dan regulasi biomedis
6. Mampu menjelaskan regulasi biomedis
7. Mampu menjelaskan tantangan etis di masa mendatang.

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENGANTAR BIOETIKA

1. Definisi Bioetika

Bioetika adalah sebuah disiplin ilmu yang berasal dari kata-kata Yunani "*bios*" yang berarti hidup, dan "*ethos*" yang berarti etika. Secara luas, bioetika dapat didefinisikan sebagai studi tentang prinsip-prinsip etika yang berkaitan dengan kehidupan. Awalnya, fokus utama bioetika adalah pada etika yang terkait dengan kehidupan manusia, terutama dalam konteks ilmu biomedis dan penelitian medis. Namun, seiring perkembangannya, ruang lingkup bioetika telah meluas untuk mencakup pertimbangan etis terhadap seluruh kehidupan di planet ini, termasuk hewan, lingkungan, dan teknologi yang mempengaruhi kehidupan secara umum. Bioetika mempertimbangkan berbagai isu yang kompleks dan sensitif, seperti hak-hak individu dalam konteks pengembangan teknologi medis, penggunaan hewan dalam penelitian ilmiah, perlindungan lingkungan dari dampak teknologi biomedis, dan aspek-aspek etik dalam kebijakan kesehatan global. Disiplin ini tidak hanya mencari solusi terhadap dilema etik yang timbul dari kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, tetapi juga mengadvokasi perlindungan terhadap martabat hidup dalam segala bentuknya (C. B. Kusmaryanto, 2022).

2. Sejarah Bioetika

Pada tahun 1997, Rolf F. Löther dari Universitas Humboldt pertama kali mengaitkan Fritz Jahr (1895-1953) adalah orang yang mencetuskan istilah dan konsep bioetika dalam sebuah konferensi. Jahr menggunakan istilah "bioetika" dalam artikelnya yang berjudul *Bi-Ethik: Eine Umschau über die ethischen Beziehungen des Menschen zu Tier und Pflanze - Bioethis: A Review of the Ethical Relationship of Human to Animals and Plants*. Dalam artikel ini, Jahr mengulas penelitian psikologi yang menunjukkan bahwa kewajiban moral tidak hanya berlaku bagi manusia tetapi juga terhadap hewan dan tumbuhan. Jahr mendorong untuk menghormati setiap makhluk hidup secara prinsip dan

memperlakukan mereka dengan baik, seolah-olah ini merupakan tujuan yang harus dicapai (Rinčić & Muzur, 2011).

Setelah Perang Dunia II dokter Nazi telah melakukan eksperimen genetik pada manusia di kamp konsentrasi. Sebagai respons terhadap kejahatan ini, pada tahun 1947, Pengadilan Nuremberg mengembangkan "Kode Nuremberg" yang menyatakan bahwa eksperimen pada manusia hanya dapat dilakukan dengan persetujuan objeknya (Martins, 2018).

Menurut Darryl Mace (1998) mengklasifikasikan bioetika menjadi dua jenis, yaitu bioetika deskriptif dan bioetika preskriptif. Bioetika deskriptif menitikberatkan pada pandangan masyarakat terhadap kehidupan dan interaksi moral serta tanggung jawab mereka terhadap organisme hidup. Sementara itu, bioetika preskriptif menguraikan tentang apa yang baik dan buruk, prinsip-prinsip yang penting, serta hak-hak individu yang harus dihormati dan dijamin oleh orang lain (Soenarto, 2023). Tahun 1927 hingga 1934, Fritz Jahr mengembangkan empat konsep utama untuk membentuk identitas profesional bioetika: (1) bioetika adalah disiplin ilmu akademis yang baru dan signifikan, (2) bioetika memiliki relevansi yang besar terhadap tindakan moral, keyakinan, dan perilaku manusia, (3) bioetika mengakui serta menghormati semua makhluk hidup dan interaksi yang terjadi dalam konteks alam dan budaya, dan (4) bioetika memiliki tanggung jawab yang berlaku dalam berbagai konteks profesional, termasuk dalam domain publik, pendidikan, konsultasi, moralitas publik, dan budaya (C. B. Kusmaryanto, 2022).

Potter, seorang ahli biokimia Amerika dan peneliti kanker di *McArdle Laboratory for Cancer Research* di University of Wisconsin–Madison, USA, menyimpulkan dari penelitiannya bahwa kanker tidak dapat ditangani secara efektif hanya dengan pendekatan tunggal, melainkan memerlukan pendekatan yang melibatkan berbagai disiplin ilmu. Potter meyakini bahwa kanker tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor tunggal, tetapi oleh sejumlah faktor yang disebutnya sebagai 6P: populasi (*population*),

perdamaian (*peace*), polusi (*pollution*), kemiskinan (*poverty*), politik (*politics*), dan kemajuan (*progress*). Faktor-faktor ini menjadi penyebab dan pengaruh utama terhadap kanker, sehingga penanganan kanker memerlukan pendekatan multidisiplin. Meskipun ilmu dan teknologi kedokteran telah maju pesat, Potter menekankan bahwa tanpa memperhatikan 6P tersebut, masalah kanker tidak akan terselesaikan. Ia juga berpendapat bahwa perkembangan bioetika sebagai ilmu baru juga harus mengadopsi pendekatan multidisiplin yang sama (Lestari, 2023a; Whitehouse, 2003).

Berikut adalah perbandingan ide utama tentang bioetika dari dua tokoh, Fritz Jahr dan Van Rensselaer Potter (C. B. Kusmaryanto, 2022) : Fritz Jahr mengembangkan konsep bioetika sebagai disiplin ilmu yang mencakup semua makhluk hidup, termasuk manusia, hewan, dan tumbuhan. Dia menekankan perlunya menghormati semua bentuk kehidupan dan memperlakukan mereka dengan baik dalam konteks alam dan budaya. Sedangkan, Van Rensselaer Potter, seorang ahli biokimia, menyoroti pentingnya pendekatan multidisiplin dalam menghadapi tantangan global seperti kanker. Potter memperkenalkan gagasan bahwa bioetika harus mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk mengatasi kompleksitas permasalahan kesehatan dan lingkungan, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti populasi, perdamaian, polusi, kemiskinan, politik, dan kemajuan.

Kedua tokoh ini memiliki pandangan yang luas terhadap bioetika, dengan Jahr menekankan aspek keseluruhan kehidupan dan Potter menyoroti perlunya pendekatan komprehensif dan multidisiplin dalam menjawab tantangan global.

Fritz Jahr dan Van Rensselaer Potter merupakan dua tokoh yang memberikan kontribusi penting terhadap perkembangan bioetika, meskipun dengan pendekatan dan fokus yang

berbeda. Jahr, dengan akar bahasa Yunani "*bios*" dan "*ethos*", menggambarkan bioetika sebagai kewajiban moral yang meluas terhadap semua makhluk hidup. Baginya, bioetika tidak hanya mencakup manusia tetapi juga aspek-etika terhadap alam semesta secara keseluruhan. Di sisi lain, Potter mengembangkan konsep bioetika sebagai gabungan ilmu biologi dan sistem nilai manusiawi yang lebih luas, mencakup aspek sosial, humaniora, dan filsafat. Tujuannya adalah memastikan kelangsungan hidup manusia dan keberlanjutan alam semesta dengan pendekatan interdisiplin yang mengintegrasikan bioetika medis dan ekologis. Keduanya berusaha untuk mendunia dan melibatkan perspektif internasional dalam mempromosikan nilai-nilai bioetika, meskipun dengan penekanan dan pendekatan yang berbeda terhadap isu-isu global dan kemanusiaan (C. B. Kusmaryanto, 2022).

3. Prinsip Dasar Bioetika

Beauchamp dan Childress mengidentifikasi empat prinsip dasar bioetika yang menjadi fondasi dalam menghadapi dilema etis, diantaranya:

a. *Respect for Autonomy*

Respect for Autonomy menitikberatkan pada pengakuan terhadap kemampuan individu untuk mengambil keputusan sendiri. Di konteks medis, dokter sering menilai apakah seorang pasien memiliki kemampuan untuk membuat keputusan dengan memastikan pemahaman mereka terhadap diagnosis, pilihan pengobatan yang tersedia, serta risiko dan manfaat yang terlibat. Orang dewasa yang kompeten dianggap mampu membuat keputusan mengenai perawatan kesehatan mereka sendiri, asalkan informasi medis disampaikan secara jelas dan mudah dipahami. Namun, tingkat otonomi dapat bervariasi; misalnya, anak-anak mungkin tidak dapat mengambil keputusan mengenai prosedur medis yang kompleks, tetapi dapat membuat

pilihan terkait hal-hal sederhana seperti makanan atau program televisi. Dalam situasi di mana kemampuan seseorang untuk membuat keputusan terpengaruh, seperti ketika mereka sedang dalam kondisi sedasi atau tidak sadar, menghormati otonomi berarti menyediakan arahan sebelumnya, seperti dokumen perencanaan perawatan, serta berdiskusi dengan keluarga tentang preferensi terkait kualitas hidup dan intervensi medis darurat seperti CPR atau dukungan hidup. Tindakan persiapan ini membantu tim medis dan keluarga untuk tetap menghormati otonomi pasien meskipun pasien tidak dapat mengungkapkan keinginannya secara langsung (Trujillo Jr., 2021).

b. Beneficence

Beneficence mengacu pada kewajiban moral untuk meningkatkan kesejahteraan orang lain, sering kali berdasarkan prinsip perlakuan kepada orang lain sebagaimana kita ingin diperlakukan. Menurut Beauchamp dan Childress, *beneficence* terdiri dari dua aspek utama: *beneficence* positif, yang melibatkan tindakan aktif untuk memberikan manfaat kepada orang lain, dan utilitas, yang menuntut evaluasi yang cermat terhadap manfaat dan risiko untuk mencapai hasil terbaik. Penilaian yang hati-hati mengenai manfaat yang akan diberikan dan risiko yang terkait sangat penting dalam konteks pengambilan keputusan etis. Namun, prinsip kebaikan ini dapat menimbulkan tantangan ketika harus sejalan dengan penghargaan terhadap otonomi individu. Bertindak untuk kebaikan memerlukan persetujuan dari agen moral yang memiliki kebebasan untuk membuat keputusan, seperti yang ditekankan oleh prinsip izin Engelhardt. Ketegangan ini lebih rumit lagi oleh subjektivitas dalam menentukan apa yang dianggap 'baik', yang bisa berbeda antara pasien dan penyedia layanan kesehatan, sehingga dapat menimbulkan

potensi konflik dalam menentukan tindakan terbaik dalam konteks etika medis (Trujillo Jr., 2021).

c. *Non-maleficence*

Non-maleficence dalam konteks etika medis mengacu pada prinsip untuk menghindari menyebabkan bahaya atau kerusakan kepada pasien. Di sisi lain, *beneficence* menekankan tindakan aktif untuk mempromosikan kebaikan dan kesejahteraan pasien. Kedua prinsip ini sering dianggap saling melengkapi dalam praktek medis, di mana tujuan utama adalah untuk mempertahankan kesehatan pasien, meskipun pengobatan yang diberikan dapat membawa risiko atau rasa sakit. Prinsip "Pertama, jangan menyakiti" menegaskan pentingnya *non-maleficence* dalam setiap tindakan medis, sementara moto "Kadang sembuh, sering obati, selalu nyaman" mencerminkan komitmen untuk memberikan perawatan yang empatik dan nyaman, terutama dalam situasi yang sulit. Namun, prinsip-prinsip ini kadang-kadang bertentangan dengan prinsip otonomi, seperti dalam kasus paternalisme di mana dokter mengambil keputusan atas nama pasien demi kesejahteraan mereka, meskipun tanpa persetujuan mereka, seperti menyembunyikan informasi medis yang mengkhawatirkan untuk mengurangi stres pasien. Meskipun paternalisme semacam itu tidak selalu dianjurkan, konflik sering timbul. Sebagai contoh, ada pasien dengan keyakinan agama yang mungkin menolak pengobatan yang vital seperti transfusi darah. Dalam konteks ini, praktisi medis harus mempertimbangkan antara mempromosikan kebaikan dengan merekomendasikan pengobatan yang optimal dan menghormati otonomi pasien untuk membuat keputusan berdasarkan keyakinan mereka, meskipun hal itu bisa berpotensi membahayakan kesehatan mereka (Lawrence, 2007).

d. *Justice*

Justice dalam konteks etika medis menyoroti pentingnya memastikan kesetaraan dalam distribusi manfaat dan beban di dalam masyarakat. Ini mencakup mempertimbangkan populasi yang dilayani oleh sistem layanan kesehatan serta biaya yang ditanggung oleh berbagai kelompok. Di negara-negara maju, misalnya, pemerintah sering kali mendanai layanan kesehatan untuk memastikan akses yang merata terhadap perawatan medis. Tujuan utamanya adalah meningkatkan hasil kesehatan secara keseluruhan dan mengendalikan biaya dengan menyediakan akses mudah ke layanan primer dan upaya pencegahan. Beberapa negara juga menggunakan sistem redistribusi pajak untuk mendukung kesejahteraan seluruh warga, bukan hanya mereka yang mampu membayar asuransi swasta atau biaya langsung. Mengatasi tantangan struktural dalam sistem layanan kesehatan melibatkan interaksi yang kompleks antara kebijakan, administrasi, dan regulasi. Meskipun beberapa pihak berpendapat bahwa praktisi kesehatan seharusnya hanya fokus pada perawatan pasien tanpa terlibat dalam isu-isu sosial, advokasi untuk keadilan tetap penting. Praktisi kesehatan dapat berperan dalam memperjuangkan hak-hak kelompok yang terpinggirkan dengan meningkatkan akses terhadap sumber daya dan mengurangi bias serta stigma dalam praktik mereka. Langkah-langkah ini dapat membantu dalam mencapai distribusi yang lebih adil dari sumber daya layanan kesehatan dan meningkatkan kualitas layanan yang diberikan kepada masyarakat yang mereka layani (Lawrence, 2007).

Bioetika memainkan peran penting dalam membentuk regulasi dan kebijakan di bidang biomedis, serta mempromosikan diskusi dan kesadaran akan implikasi etis dari inovasi bioteknologi. Dengan demikian, bioetika tidak

hanya menjadi landasan bagi pengambilan keputusan etis dalam penelitian dan praktik medis, tetapi juga sebagai panduan untuk menjaga keseimbangan antara kemajuan ilmiah dan nilai-nilai kemanusiaan dalam era globalisasi yang semakin terhubung.

B. PENDEKATAN TEORITIS DALAM BIOETIKA

1. *Deontologi*

Deontologi berasal dari bahasa Yunani, gabungan kata *δέον* (*deon*) yang berarti kewajiban atau tugas, ditambah dengan *λόγος* (*logos*) yang berarti studi atau ilmu pengetahuan. Secara sederhana, deontologi adalah cabang etika yang berkaitan dengan kewajiban atau norma berdasarkan aturan atau prinsip tertentu. Dalam konteks ini, etika kewajiban mengacu pada teori etika normatif yang menentukan kebenaran atau kesalahan suatu tindakan berdasarkan apakah individu tersebut memenuhi atau tidak memenuhi kewajiban untuk mengikuti serangkaian aturan atau prinsip yang mengatur tindakan tersebut, tanpa mempertimbangkan konsekuensi atau dampak dari tindakan tersebut. Kewajiban atau aturan/prinsip yang telah ditetapkan menjadi standar untuk menilai apakah suatu tindakan seharusnya dilakukan atau tidak (C. B. Kusmaryanto, 2022).

2. *Utilitarianisme*

Utilitarianisme, sebuah aliran pemikiran yang dicetuskan oleh Jeremy Bentham dan dikembangkan lebih lanjut oleh John Stuart Mill, adalah teori etika yang menekankan bahwa kebaikan suatu tindakan dinilai berdasarkan pada sejauh mana tindakan tersebut menghasilkan kebahagiaan atau kesejahteraan yang maksimal bagi sebanyak mungkin orang. Jeremy Bentham adalah seorang filosof terkemuka dari Inggris pada abad ke-18 yang dianggap sebagai pendiri utama aliran pemikiran *utilitarianisme* tersebut. *Utilitarianisme* versi Bentham berfokus pada kuantitas kenikmatan yang dihasilkan oleh

tindakan manusia. Prinsip utamanya adalah mencapai "kebahagiaan terbesar bagi sebanyak mungkin orang" (*the greatest happiness for the greatest number*). John Stuart Mill berusaha memperbaiki pandangan yang dipegang oleh pamannya mengenai kriteria kemanfaatan (*utility*) yang hanya bersifat hedonis. Bagi Mill, kemanfaatan seharusnya dilihat dari aspek yang lebih tinggi dan mulia dalam manusia, yaitu akal budi dan hati nurani. Menurut Mill, kebahagiaan yang lebih berkelanjutan berasal dari akal budi dan hati nurani, dan inilah yang seharusnya menjadi kriteria kemanfaatan, bukan sekadar kenikmatan jasmani semata (C. B. Kusmaryanto, 2022).

3. *Eudemia*

Menurut Aristoteles, *eudaimonia* atau kebahagiaan merupakan nilai yang paling mulia, terbaik, dan tertinggi. *Eudaimonia* tidak sama dengan kenikmatan karena kenikmatan lebih berkaitan dengan hal-hal duniawi dan biologis. Kebahagiaan juga tidak hanya terbatas pada perasaan senang semata, tetapi lebih kepada kesejahteraan dan kemakmuran secara menyeluruh. Bagi Aristoteles, kebahagiaan adalah aktivitas dari jiwa rasional yang selaras dengan keutamaan, dan jika ada lebih dari satu keutamaan, kebahagiaan tersebut berhubungan dengan keutamaan yang paling baik dan lengkap. Oleh karena itu, *eudaimonia* adalah serangkaian aktivitas yang lebih terkait dengan aktivitas akal budi daripada sekadar suatu keadaan. Kebahagiaan bukan berasal dari kegiatan biologis seperti makan, minum, atau seks, karena hal-hal tersebut juga dapat ditemukan pada hewan. Kebahagiaan seharusnya berasal dari sesuatu yang khas manusia, yaitu akal budi sebagai kemampuan tertinggi manusia (C. B. Kusmaryanto, 2022).

4. *Virtue Ethics*

Virtue Ethics atau yang juga dikenal sebagai *Aretaic Ethics*, secara etimologis berasal dari kata Yunani *ἀρετή* (*arête*) yang berarti keutamaan. Menurut Aristoteles, terdapat dua jenis

keutamaan, yaitu keutamaan berpikir dan keutamaan karakter. Keutamaan berpikir dikembangkan melalui pengajaran, sementara keutamaan karakter tumbuh dari kebiasaan yang baik (*Ethica Nicomachea* 1103a.5). Tujuan dari etika keutamaan adalah mencapai kebaikan moral atau menjadi individu yang baik. Orang yang baik adalah mereka yang memiliki keutamaan dalam karakter pribadi mereka. Keutamaan adalah atribut karakter yang mulia atau utama dari seseorang. Karena sifatnya yang berhubungan dengan karakter, keutamaan adalah bagian dari kualitas pribadi seseorang dan menentukan kualitas hidup mereka (C. B. Kusmaryanto, 2022).

C. ISU ETIKA DALAM PENELITIAN BIOMEDIS

Dalam penelitian biomedis, prinsip-prinsip etika yang mendasar seperti menghormati otonomi pasien, *beneficence*, *nonmaleficence*, dan *justice* memiliki peran krusial dalam memastikan bahwa setiap intervensi medis atau penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan nilai-nilai moral yang tinggi. Menghormati otonomi pasien menuntut agar informasi yang jelas dan lengkap disampaikan kepada individu yang menjadi subjek penelitian, sehingga mereka dapat membuat keputusan yang sadar berdasarkan nilai-nilai dan keyakinan pribadi mereka. Prinsip *beneficence* menekankan pentingnya menghasilkan manfaat maksimal dan meminimalkan risiko yang ditimbulkan oleh intervensi atau penelitian. Sementara itu, prinsip *nonmaleficence* mengharuskan peneliti untuk menghindari menyebabkan kerusakan yang tidak perlu terhadap subjek penelitian. Terakhir, prinsip *justice* menekankan perlunya adil dalam distribusi beban dan manfaat penelitian, serta perlakuan yang setara terhadap semua individu yang terlibat. Dengan menerapkan doktrin persetujuan berinformasi, peneliti memastikan bahwa partisipasi subjek penelitian didasarkan pada keputusan sukarela dan informasi yang memadai, menjaga integritas ilmiah dan

menghormati hak serta kesejahteraan individu yang menjadi fokus penelitian (Artal & Rubenfeld, 2017).

Rekam Medis Elektronik (RME) memiliki peran penting dalam pengumpulan data medis secara sistematis untuk keperluan penelitian, namun penggunaannya menimbulkan berbagai dilema praktis dan etis yang signifikan. Akses terhadap RME diatur dengan ketat, yang menghadirkan tantangan mengenai siapa yang bisa mengakses catatan pasien secara aktual dan sejauh apa. Proses ekstraksi dan penyimpanan data dari catatan ini untuk keperluan penelitian juga memunculkan pertimbangan etis lebih lanjut, terutama terkait privasi pasien dan keamanan data. Para penyedia layanan kesehatan, yang bertanggung jawab atas catatan ini, dihadapkan pada dilema tentang bagaimana menjaga keseimbangan antara kerahasiaan pasien dengan kewajiban untuk menyumbangkan data untuk penelitian yang dapat memberikan manfaat bagi populasi lebih luas.

Integrasi RME ke dalam Sistem Kesehatan Belajar (SKB) mengubah peran-peran profesional kesehatan, yang kini harus tidak hanya mengelola perawatan pasien tetapi juga terlibat dalam pengumpulan dan penilaian data untuk keperluan penelitian. Transformasi peran ini membutuhkan pergeseran dalam tanggung jawab etis. Para profesional kesehatan harus mengelola kewajiban baru untuk berbagi data secara bertanggung jawab sambil tetap menjaga kepercayaan dan kerahasiaan pasien, yang menjadi dasar hubungan profesional mereka. Implikasi etis ini juga melibatkan pasien, yang perlu memahami pentingnya berkontribusi pada penelitian untuk meningkatkan kualitas dan keamanan layanan kesehatan. Dalam konteks etika penelitian biomedis, perkembangan ini menunjukkan perlunya kerangka kerja yang kokoh untuk memastikan penggunaan etis data RME. Ini termasuk kebijakan yang melindungi privasi pasien, mekanisme untuk mendapatkan persetujuan informir saat menggunakan data pasien untuk penelitian, dan pedoman untuk praktik pengelolaan data yang

transparan. Membangun Sistem Kesehatan Belajar tidak hanya membutuhkan kemajuan teknologi tetapi juga perubahan budaya dalam organisasi layanan kesehatan, di mana prinsip-prinsip etis ditanamkan dalam praktik sehari-hari untuk menjaga kesejahteraan dan kepercayaan pasien (Piasecki et al., 2021).

Isu lainnya dalam penelitian biomedis adalah penggunaan *big data* dalam penelitian kesehatan telah mengubah cara para peneliti biomedis merancang dan melakukan studi mereka. Penelitian ini cenderung bersifat eksploratif daripada didorong oleh hipotesis, dengan mengandalkan akuisisi data besar dari berbagai sumber yang seringkali heterogen. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengekstrak fitur dan wawasan berharga dari dataset besar tanpa dapat memprediksi hasil analisis data secara pasti. Namun, penggunaan *big data* juga membawa tantangan praktis dan etis yang signifikan, termasuk pertanyaan mengenai tanggung jawab IRB (*Institutional Review Board*) dalam menilai proyek-proyek ini. Kriteria apa yang harus digunakan untuk mengevaluasi proyek-proyek *big data* ini juga menjadi perhatian, mengingat model-model penelitian ini mungkin tidak sepenuhnya sesuai dengan kebijakan tradisional perlindungan subjek manusia seperti yang diatur dalam peraturan seperti *Common Rule* di Amerika Serikat dan *Human Research Act* di Swiss. Selain itu, penggunaan data dari repositori besar dan ketersediaan informasi tambahan dapat meningkatkan risiko reidentifikasi subjek data, yang menghadirkan tantangan baru terkait etika penelitian, seperti persetujuan yang diinformasikan dan privasi data (Ferretti et al., 2020).

Dalam penelitian biomedis, prinsip-prinsip etika seperti menghormati otonomi pasien, *beneficence*, *nonmaleficence*, dan *justice* memiliki peran sentral dalam memastikan bahwa setiap tindakan medis dan penelitian dilakukan dengan mempertimbangkan nilai-nilai moral yang tinggi. Menghormati otonomi pasien mengharuskan penyampaian informasi yang jelas dan komprehensif kepada subjek penelitian, sehingga mereka

dapat membuat keputusan yang informasional dan sukarela. Prinsip *beneficence* menekankan pentingnya menghasilkan manfaat maksimal dan meminimalkan risiko bagi subjek penelitian, sedangkan prinsip *nonmaleficence* menuntut untuk menghindari menyebabkan kerusakan yang tidak perlu. Prinsip *justice* menekankan pentingnya distribusi yang adil dalam manfaat dan beban penelitian, serta perlakuan yang setara terhadap semua individu yang terlibat. Penerapan doktrin persetujuan berinformasi menjadi krusial dalam menjaga integritas ilmiah dan menghormati hak serta kesejahteraan subjek penelitian (Artal & Rubenfeld, 2017). Namun, penggunaan rekam medis elektronik (RME) dalam pengumpulan data medis juga menimbulkan dilema etis yang signifikan. Akses terhadap RME dibatasi secara ketat, menghadirkan tantangan tentang siapa yang memiliki akses dan sejauh apa akses tersebut dapat dilakukan. Proses ekstraksi dan penyimpanan data dari RME untuk tujuan penelitian memunculkan pertimbangan tambahan terkait privasi pasien dan keamanan data. Para penyedia layanan kesehatan yang mengelola RME harus mengelola keseimbangan antara menjaga kerahasiaan pasien dengan kewajiban untuk menyumbangkan data demi penelitian yang dapat memberikan manfaat bagi populasi lebih luas. Integrasi RME ke dalam Sistem Kesehatan Belajar (SKB) mengubah peran para profesional kesehatan, yang kini tidak hanya bertanggung jawab atas perawatan pasien tetapi juga terlibat dalam pengumpulan dan evaluasi data untuk keperluan penelitian. Transformasi ini menuntut perubahan dalam tanggung jawab etis para profesional kesehatan, termasuk dalam hal berbagi data secara bertanggung jawab sambil tetap menjaga kepercayaan dan kerahasiaan pasien (Piasecki et al., 2021). Implikasi etis dari perubahan ini melibatkan pemahaman pasien tentang pentingnya berkontribusi pada penelitian untuk meningkatkan kualitas dan keamanan layanan kesehatan.

Penggunaan *big data* dalam penelitian kesehatan juga menghadirkan tantangan tersendiri. Penelitian yang didorong oleh

big data seringkali eksploratif dan menggunakan data besar dari berbagai sumber, tanpa hipotesis awal yang jelas. Hal ini memungkinkan peneliti untuk mengekstrak wawasan berharga tanpa dapat memprediksi hasil analisis data secara pasti, namun juga menghadirkan risiko terkait privasi dan reidentifikasi data. Institusi seperti *Institutional Review Board* (IRB) dihadapkan pada tantangan untuk mengevaluasi proyek-proyek big data ini dengan kriteria yang sesuai, mengingat regulasi yang mungkin belum sepenuhnya mencakup model-model penelitian ini (Ferretti et al., 2020). Dalam menghadapi semua tantangan ini, penting bagi komunitas penelitian biomedis untuk terus mengembangkan pedoman etis yang sesuai dengan perkembangan teknologi dan mengintegrasikan nilai-nilai moral dalam setiap tahap penelitian. Perlindungan terhadap privasi pasien, mekanisme persetujuan informir yang efektif, serta kebijakan pengelolaan data yang transparan harus diperkuat untuk memastikan bahwa penelitian biomedis dilakukan dengan integritas ilmiah dan menghormati hak serta kesejahteraan subjek penelitian.

D. BIOETIKA DALAM PRAKTIK KLINIS

Regulasi dan standar bioetika dalam penelitian biomedis sangat penting untuk memastikan kepatuhan pada prinsip-prinsip moral dan perlindungan subjek penelitian. Di Amerika Serikat, *Common Rule* yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan dan Layanan Manusia (HHS) mengatur persetujuan subjek, kebijakan privasi, dan perlindungan dalam penelitian yang menerima dana federal. Lembaga-lembaga penelitian juga harus memiliki *Institutional Review Board* (IRB) untuk mengawasi kepatuhan terhadap regulasi ini (*Department of Health and Human Services*, 2018). Di Eropa, GDPR yang diberlakukan pada 2018 mengatur perlindungan data pribadi dalam penelitian biomedis, sementara setiap negara anggota Uni Eropa memiliki regulasi nasional dan memerlukan

persetujuan etis serta pengawasan oleh komite etika lokal (*European Union*, 2016).

Standar bioetika dalam penelitian biomedis didasarkan pada prinsip-prinsip dasar: menghormati otonomi pasien, *beneficence*, *non-maleficence*, dan *justice*. Menghormati otonomi pasien menekankan pentingnya persetujuan informir yang komprehensif dan sukarela dari subjek penelitian. Prinsip *beneficence* menuntut untuk menghasilkan manfaat maksimal bagi individu dan masyarakat secara keseluruhan, sementara prinsip *nonmaleficence* memerlukan perlindungan dari risiko yang tidak perlu bagi subjek penelitian. Prinsip *justice* menekankan distribusi yang adil dari manfaat dan beban penelitian di antara semua individu yang terlibat (Artal & Rubinfeld, 2017). Bioetika penelitian hewan biomedis mempertimbangkan perlakuan etis terhadap hewan, tanggung jawab terhadap hewan yang digunakan untuk tujuan medis, dan perlakuan terhadap hewan hidup yang mampu merasakan sensasi atau perasaan (Tannenbaum, 2017).

Regulasi penelitian biomedis klinis menghadapi tantangan terkait perbedaan standar dalam persetujuan informasi untuk pengobatan. Masih ada anomali dalam persyaratan regulasi antara penelitian tentang pengobatan baru dan pengobatan standar, yang mempengaruhi profesional kesehatan, pasien, dan peneliti dalam menghadapi ketidakpastian terkait intervensi perawatan kesehatan sehari-hari (Salman et al., 2014).

Dokter dan pasien terlibat dalam hubungan hukum dan medis yang saling terkait dalam konteks hukum kedokteran. Hubungan ini bertujuan untuk memelihara kesehatan secara umum dan memberikan pelayanan kesehatan secara khusus. Dalam menjalankan hubungan ini, keduanya harus mematuhi aturan-aturan tertentu untuk memastikan pelaksanaannya berjalan harmonis. Secara substansi, *Informed Consent* adalah proses komunikasi antara dokter dan pasien mengenai persetujuan terhadap tindakan medis yang akan dilakukan oleh dokter kepada

pasien. Penjelasan rinci dari dokter kepada pasien adalah bagian integral dari proses ini, sehingga kesepakatan lisan dianggap sudah cukup. Penandatanganan formulir *Informed Consent* secara tertulis hanyalah langkah pengesahan atas apa yang telah disetujui sebelumnya. Istilah *Informed Consent* sendiri berasal dari kata "*informed*" yang berarti informasi atau penjelasan, dan "*consent*" yang berarti persetujuan atau izin. Dengan demikian, *Informed Consent* dapat diartikan sebagai persetujuan yang diberikan setelah menerima informasi yang memadai (Irfan, 2018).

Contoh Kasus:

Pada tahun 2018, kasus sterilisasi tanpa izin di Bali menimbulkan kontroversi ketika beberapa perempuan melaporkan telah menjalani prosedur tersebut tanpa persetujuan yang sah dan tanpa informasi yang memadai sebelumnya. Kejadian ini mengungkap kegagalan dalam praktik informed consent di fasilitas kesehatan di Bali, mencuatkan kekhawatiran serius mengenai hak-hak pasien dan etika medis. Otoritas kesehatan segera merespons dengan melakukan investigasi terhadap praktik-praktik medis yang dilaporkan, sementara media dan masyarakat membahas perlindungan hak kesehatan dan kebutuhan akan regulasi yang ketat untuk prosedur medis invasif seperti sterilisasi.

Analisis Singkat

Kasus ini menggarisbawahi pentingnya komunikasi transparan antara dokter dan pasien serta perlunya regulasi yang ketat untuk melindungi hak-hak pasien dalam setiap prosedur medis. Ini juga mempertegas bahwa dokter memiliki tanggung jawab etis untuk memastikan bahwa pasien sepenuhnya memahami sebelum menyetujui tindakan medis yang dilakukan.

Kesimpulan dari diskusi tentang bioetika dan regulasi penelitian biomedis menyoroti pentingnya kepatuhan terhadap standar etika dan regulasi yang ketat dalam memastikan perlindungan terhadap subjek penelitian dan integritas ilmiah. Di Amerika Serikat, *Common Rule* dan *Institutional Review Boards* (IRB) memainkan peran

krusial dalam mengawasi penelitian yang melibatkan subjek manusia, sementara di Eropa, GDPR dan peraturan nasional mengatur perlindungan data pribadi serta persetujuan etis untuk penelitian biomedis. Prinsip-prinsip bioetika seperti menghormati otonomi pasien, *beneficence*, *non-maleficence*, dan *justice* harus ditegakkan dalam setiap aspek penelitian, baik yang melibatkan manusia maupun hewan. Tantangan regulasi yang tidak proporsional perlu diatasi untuk memastikan bahwa regulasi penelitian tidak hanya adil tetapi juga mendukung kemajuan ilmiah secara menyeluruh. Dengan menjaga keseimbangan antara perlindungan terhadap subjek penelitian dan kemajuan ilmiah, bioetika dan regulasi penelitian biomedis berperan penting dalam memastikan bahwa penelitian berkontribusi positif bagi kesejahteraan masyarakat global.

E. BIOETIKA DALAM REGULASI PENELITIAN BIOMEDIS

Standar etika untuk keterlibatan individu sebagai subjek penelitian ditetapkan melalui Kode Nuremberg pada tahun 1946, yang menekankan keutamaan kesejahteraan individu di atas kepentingan ilmiah dan sosial. Dokumen ini mempengaruhi pembentukan kerangka hukum internasional untuk perlindungan hak asasi manusia dan perlakuan etis terhadap hewan percobaan. Deklarasi Helsinki 2008, Konvensi Hak Asasi Manusia dan Biomedis 1996, Protokol Cartagena 2000, dan Deklarasi Universal tentang Bioetika dan Hak Asasi Manusia 2005 mencerminkan standar etika modern dalam kegiatan ilmiah. Pada tahun 1970-an, bioetika muncul sebagai bidang lintas disiplin untuk mengatasi dilema etika dalam teknologi biomedis, memastikan kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya, dan lingkungan. Bioetika berkembang di Eropa pada 1980-an dengan pendirian pusat-pusat bioetika dan menarik perhatian organisasi internasional seperti PBB, WHO, dan UNESCO. Bidang ini mencakup bioetika global, etika biomedis, penelitian ilmiah, ekologi, dan etika terhadap hewan,

mengintegrasikan nilai-nilai manusia dengan pengetahuan biologis. Di AS, bioetika menangani tantangan etika dalam praktik biomedis, menjadikannya landasan untuk respons terhadap kemajuan ilmiah dan teknologi dengan mempromosikan praktik etis yang menghormati nilai-nilai manusia dan integritas sistem biologis (Baksheev et al., 2018).

Pembangunan mekanisme pengawasan etis dalam penelitian biomedis, khususnya di Eropa dan Tiongkok, merupakan hal penting untuk melindungi hak, keselamatan, dan kesejahteraan subjek penelitian. Di Eropa, proses tinjauan etis dimulai secara lokal pada tahun 1960-an, dengan perluasan dan koordinasi lebih lanjut pada tahun 1990-an oleh pemerintah-pemerintah di seluruh wilayah. Tiongkok juga telah mengembangkan sistem serupa dengan fokus pada pendirian badan tinjauan etis institusional di tingkat provinsi, yang mengawasi dan membimbing proses tinjauan etis oleh *Institutional Review Board* (IRB) di bawah yurisdiksinya (Wahlberg et al., 2013).

Implementasi pengawasan etis dalam penelitian biomedis yang melibatkan subjek manusia di Eropa dan Tiongkok menghadapi banyak hambatan, terutama dalam kolaborasi lintas benua. Di Tiongkok, variasi besar dalam praktik institusional terjadi di bawah standar yang sama seperti di Eropa. Beberapa institusi unggulan menerapkan praktik tinjauan etis yang baik, namun rumah sakit dan laboratorium dengan sumber daya terbatas atau di wilayah kurang berkembang menghadapi tantangan lebih besar. Salah satu solusi yang diusulkan adalah pendirian pusat keunggulan untuk mempromosikan praktik terbaik dan berbagi pengetahuan antar institusi. Rumah sakit dan laboratorium kecil dapat bergabung untuk membentuk komite tinjauan etis bersama. Dalam kolaborasi penelitian lintas benua, ilmuwan perlu memastikan kesesuaian dengan persyaratan tinjauan etis dari institusi masing-masing, yang membutuhkan pendekatan khusus dan pertukaran gagasan antar

anggota komite tinjauan di Eropa dan Tiongkok (Wahlberg et al., 2013).

Bioetika dan regulasi penelitian biomedis menegaskan pentingnya kerangka kerja etika dalam melindungi hak asasi manusia dan memastikan kesejahteraan subjek penelitian di seluruh dunia. Sejak Kode Nuremberg hingga dokumen-dokumen internasional seperti Deklarasi Helsinki dan Deklarasi Universal tentang Bioetika dan Hak Asasi Manusia, standar etika telah mengalami perkembangan signifikan untuk mengatasi dilema etika dalam biomedisin. Bioetika tidak hanya mencakup perlindungan terhadap subjek manusia dan hewan percobaan, tetapi juga mempertimbangkan implikasi etika dari kemajuan teknologi biomedis. Perkembangan bioetika di Eropa dan Tiongkok menunjukkan komitmen yang kuat terhadap prinsip-prinsip etika dalam melaksanakan penelitian biomedis, sementara kolaborasi lintas benua menuntut harmonisasi dalam mematuhi standar etis yang setara di berbagai konteks penelitian. Dengan demikian, bioetika bukan hanya sebagai panduan untuk praktik ilmiah yang etis, tetapi juga sebagai landasan untuk mempromosikan nilai-nilai universal yang melindungi integritas moral dan hak asasi manusia dalam setiap aspek kemajuan ilmiah.

F. HUKUM BIOMEDIS

Sistem hukum merupakan kesatuan terorganisir dari unsur-unsur yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan bersama. Sistem ini memiliki sifat berkelanjutan, berkesinambungan, dan otonom. Fungsinya adalah menjaga keseimbangan dalam masyarakat (Lestari, 2023b). Hukum juga berperan sebagai instrumen untuk melindungi kepentingan kolektif masyarakat. Menurut Satjipto Raharjo, perlindungan hukum adalah usaha negara untuk memberikan perlindungan terhadap hak asasi manusia yang diganggu oleh individu lain, sehingga seluruh warga dapat menikmati hak-hak yang dijamin oleh hukum. Perlindungan ini merupakan jaminan dari negara kepada semua individu untuk

menjalankan hak dan kepentingan hukum mereka sebagai subjek hukum (Lestari, 2021).

Biolaw adalah cabang hukum yang diakui secara hukum dan mengatur masalah-masalah biomedis dengan prinsip-prinsip yang sejalan dengan bioetika. Ini mencakup aturan-aturan yang mengikat secara yuridis dan berfungsi sebagai dasar untuk mengatur praktik biomedis, serta memberlakukan sanksi terhadap pelanggaran dan penyalahgunaan yang terjadi. Berbeda dengan bioetika yang fokus pada kontroversi moral tanpa konsekuensi hukum, *biolaw* memiliki ruang lingkup aplikasi disiplin yang jelas dan mandiri dari bioetika. Hal ini memungkinkannya untuk mengidentifikasi dan menetapkan kategori kerusakan baru yang terkait dengan kesehatan, mendefinisikan hak subjektif individu baru (*bioright*), serta mengenali kewajiban baru bagi warga negara dan negara terkait dengan praktik biomedis yang berkembang. *Biolaw* juga berperan dalam memberikan kepastian hukum yang lebih besar untuk regulasi praktik biomedis, mengintegrasikan prinsip-prinsip musyawarah dan konsekuensinya dalam hukum, dan mempromosikan integrasi serta perluasan kategori hukum yang ada. Ini merupakan langkah signifikan menuju optimalisasi pengaturan hukum dalam konteks biomedis, dengan dampak yang meluas dan menyeluruh terhadap berbagai cabang hukum lainnya (Zuhra, 2020).

Biolaw berfokus pada hukum biomedis yang mengatur hubungan dengan manusia. Ini mencakup perlindungan sistem alam dan makhluk hidup dalam habitat alaminya, serta regulasi terkait dengan bioteknologi seperti manipulasi mikroorganisme yang dimodifikasi genetik, kloning, produksi hewan dan tanaman transgenik, dan penggunaan bahan biologi sintetis. *Biolaw* juga mencakup isu-isu keamanan bioteknologi, termasuk penelitian, produksi, dan distribusi untuk tujuan komersial atau lainnya (*biosafety*). Aspek lainnya mencakup dampak sosial dan ekonomi seperti penggunaan profil biometrik dan DNA dalam aplikasi kepolisian (identifikasi

mayat, pencarian orang hilang, dll.) dan dalam proses peradilan (bukti dalam kasus pidana) (Zuhra, 2020).

G. TANTANGAN BIOETIKA DAN REGULASI BIOMEDIS DI MASA DEPAN

Di masa depan, tantangan etika dalam bidang biomedis akan semakin kompleks seiring dengan kemajuan teknologi yang pesat dan dampak globalnya. Salah satu tantangan utama adalah penggunaan teknologi genomik seperti CRISPR-Cas9 untuk mengedit genom manusia, yang memunculkan pertanyaan tentang etika penggunaan dan konsekuensi jangka panjangnya terhadap spesies manusia. Selain itu, pengumpulan dan analisis besar data kesehatan (*big data*) menimbulkan masalah privasi yang mendalam, perlindungan data pribadi, dan potensi penyalahgunaan informasi genetik. Masih ada ketimpangan akses terhadap perawatan kesehatan di seluruh dunia, mempertajam pertanyaan tentang keadilan akses dan distribusi sumber daya medis. Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam diagnosis dan perawatan medis menimbulkan tantangan etika terkait dengan keputusan yang diambil oleh sistem AI, pertanggungjawaban atas kesalahan, dan kepercayaan masyarakat terhadap teknologi. Selain itu, globalisasi dalam penelitian biomedis memperumit harmonisasi antara prinsip bioetika universal dengan nilai-nilai budaya lokal.

Solusi untuk mengatasi tantangan ini termasuk memperkuat regulasi global yang ketat untuk mengawasi penggunaan teknologi canggih, meningkatkan pendidikan bioetika bagi para profesional kesehatan dan masyarakat umum, serta mempromosikan dialog antarbudaya untuk mencapai pemahaman bersama tentang nilai-nilai etis yang universal. Pentingnya advokasi untuk keadilan akses dan kesetaraan dalam perawatan kesehatan juga harus ditekankan, bersama dengan keterlibatan aktif dari berbagai pihak dalam merumuskan kebijakan yang inklusif dan bertanggung jawab secara

sosial. Dengan pendekatan yang holistik dan berbasis kolaborasi, kita dapat menghadapi tantangan etika di masa depan dalam bidang biomedis dengan cara yang lebih bijaksana dan berkelanjutan.

KEGIATAN BELAJAR 8

TREN DAN MASA DEPAN BIOMEDIK

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

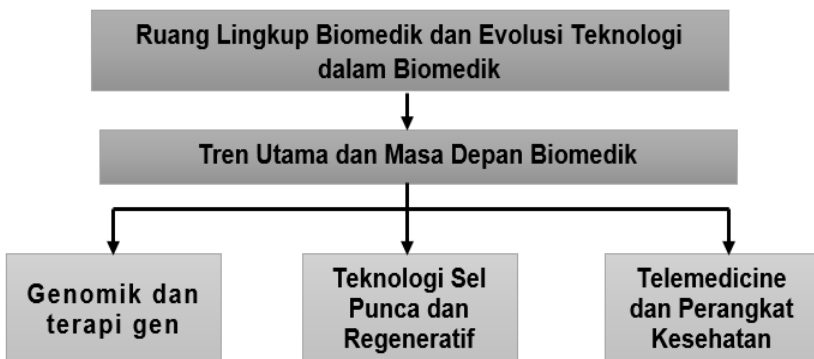
Biomedik adalah bidang ilmu yang memadukan prinsip-prinsip biologi dan kedokteran untuk meningkatkan pemahaman kita tentang mekanisme penyakit dan mengembangkan metode untuk diagnosis, pengobatan, dan pencegahan. Perkembangan teknologi dan penelitian terus mendorong batas-batas biomedik, menciptakan tren baru yang menjanjikan perubahan signifikan dalam perawatan kesehatan. Bab ini akan menjelaskan beberapa tren utama dalam biomedik dan prospeknya di masa depan.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan:

1. Mampu Menjelaskan Ruang Lingkup Biomedik dan Evolusi Teknologi dalam Biomedik
2. Mampu Menjelaskan Tren dan Masa Depan Biomedik

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. RUANG LINGKUP BIOMEDIK DAN EVOLUSI TEKNOLOGI DALAM BIOMEDIK

Bidang biomedik mencakup studi dan aplikasi ilmu pengetahuan dalam upaya untuk memahami, mendiagnosis, dan mengobati kondisi medis menggunakan pendekatan ilmiah dan teknologi terkini. Ini melibatkan interaksi antara ilmu biologi, ilmu pengetahuan komputer, teknik, dan bidang lainnya untuk menciptakan solusi yang inovatif dalam perawatan kesehatan. Sejak awal abad ke-20, teknologi dalam bidang biomedik telah mengalami perkembangan yang signifikan. Mulai dari penemuan antibiotik hingga pengembangan teknologi pencitraan medis seperti MRI dan CT scan, inovasi terus mendorong batas-batas kemungkinan dalam diagnosis dan pengobatan. Penggunaan data besar dan kecerdasan buatan telah mengubah cara kita mendekati tantangan medis. AI digunakan untuk menganalisis data genom, memprediksi risiko penyakit, dan mengoptimalkan rencana perawatan individu. Teknologi ini juga memungkinkan pengembangan obat yang lebih efektif dan personalisasi perawatan.

B. TREN UTAMA DAN MASA DEPAN BIOMEDIK

1. Genomik dan terapi gen

Genomik dan terapi gen merupakan dua bidang yang sangat penting dalam ilmu biologi dan kedokteran modern. Keduanya membuka berbagai kemungkinan baru dalam diagnosis, pengobatan, dan pencegahan berbagai penyakit. Genomik adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari genom, yaitu keseluruhan materi genetik dari suatu organisme. Genomik mencakup analisis struktur, fungsi, evolusi, dan pemetaan genom. Perkembangan teknologi seperti pengurutan DNA (DNA sequencing) telah mempercepat penelitian di bidang ini. Lander et al

(2001) memberikan pandangan bahwa pengurutan genom manusia telah merevolusi pemahaman kita tentang biologi dan kedokteran. Pada abad ke-21, pemahaman kita tentang genom manusia telah melonjak pesat, memungkinkan kita untuk menjelajahi dan memahami rahasia kode genetik yang menyusun kehidupan kita. Genomik, sebuah disiplin ilmu yang mencakup analisis, pemetaan, dan pemahaman genom suatu organisme, telah menjadi landasan bagi banyak penemuan dan aplikasi dalam biologi modern. Di sisi lain, terapi gen menawarkan potensi untuk mengubah perawatan medis dengan mendekati penyakit secara mendasar, dengan menyasar pengobatan langsung ke level genetik.

Teknologi pengurutan DNA, seperti Pengurutan Sanger dan pengurutan generasi berikutnya (Next Generation Sequencing, NGS), telah memungkinkan penguraian urutan basa DNA dengan cepat dan akurat. Teknologi ini digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk penelitian dasar, diagnostik klinis, dan pengembangan obat. Mardis (2008) mengungkapkan bahwa pengurutan generasi berikutnya telah mendemokratisasi genomik, membuatnya dapat diakses oleh laboratorium kecil dan memungkinkan studi skala besar (Mardis, 2008). Genomik memiliki berbagai aplikasi, seperti:

- a. Medis: Diagnostik penyakit genetik, identifikasi mutasi terkait kanker, dan pengembangan terapi berbasis genetik.
- b. Pertanian: Pemuliaan tanaman dan hewan untuk meningkatkan hasil dan ketahanan terhadap penyakit.
- c. Lingkungan: Analisis mikrobioma lingkungan dan biodiversitas.

Collins et al. (2017) memberikan pandangannya bahwa kedokteran genomik sedang mengubah perawatan kesehatan dengan memberikan wawasan tentang dasar genetik penyakit dan memungkinkan perawatan yang dipersonalisasi.

Terapi gen adalah teknik medis yang melibatkan penggantian, pengeditan, atau penambahan materi genetik dalam sel pasien untuk mengobati atau mencegah penyakit. Terapi ini dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan, termasuk penggunaan virus sebagai vektor untuk mengantarkan gen terapeutik ke dalam sel target. Naldini (2015) berpendapat bahwa terapi gen menawarkan janji untuk menyembuhkan gangguan genetik dengan secara langsung mengatasi penyebab dasarnya. Adapun jenis-jenis terapi gen yaitu, terapi gen germline adalah modifikasi genetik dilakukan pada sel-sel germline, seperti sperma atau sel telur, sehingga perubahan dapat diturunkan ke generasi berikutnya. Terapi gen somatik adalah modifikasi genetik dilakukan pada sel somatik (sel tubuh non-germline), sehingga perubahan hanya mempengaruhi individu yang menerima terapi. Terapi gen telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai penyakit, termasuk:

- a. Penyakit Genetik: Terapi untuk penyakit seperti hemofilia, distrofi otot Duchenne, dan fibrosis kistik.
- b. Kanker: Penggunaan CAR-T cells, di mana sel T pasien dimodifikasi untuk mengenali dan membunuh sel kanker.
- c. Penyakit Infeksi: Penelitian tentang penggunaan terapi gen untuk mengobati infeksi virus seperti HIV.

Terapi sel CAR-T telah muncul sebagai terobosan dalam pengobatan kanker, memberikan harapan bagi pasien dengan keganasan yang refraktori (June et al., 2018). Meskipun memiliki potensi besar, genomik dan terapi gen juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk, keamanan hal ini terkait pada risiko efek samping, seperti reaksi imun terhadap vektor virus. Tantangan dalam mencapai efisiensi transfer gen

yang tinggi ke sel target. Dan isu etika terkait modifikasi genetik, terutama dalam konteks terapi gen germline. Masa depan genomik dan terapi gen sangat cerah, dengan perkembangan teknologi seperti CRISPR-Cas9 yang memungkinkan pengeditan gen dengan presisi tinggi. Penelitian terus dilakukan untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi terapi gen, serta mengatasi tantangan etika yang ada. Menurut penelitian dari Doudna & Charpentier (2014) ditemukan bahwa CRISPR-Cas9 memiliki potensi untuk merevolusi terapi gen dengan memungkinkan pengeditan genom yang presisi dan efisien. Genomik dan terapi gen adalah dua bidang yang saling melengkapi dan memiliki potensi besar untuk mengubah wajah kedokteran dan biologi. Meskipun masih menghadapi berbagai tantangan, perkembangan teknologi dan penelitian yang terus-menerus membawa harapan baru bagi pengobatan berbagai penyakit yang sebelumnya sulit diobati.

2. Teknologi Sel Punca dan Regeneratif

Teknologi sel punca dan terapi regeneratif adalah bidang yang berkembang pesat dalam biologi dan kedokteran. Teknologi ini menawarkan kemungkinan baru dalam pengobatan berbagai penyakit dan cedera dengan cara memperbaiki, mengganti, atau meregenerasi jaringan dan organ yang rusak. Sel punca adalah sel yang memiliki kemampuan untuk berkembang menjadi berbagai jenis sel yang berbeda dalam tubuh dan memiliki potensi untuk memperbarui diri melalui pembelahan sel. Ada dua jenis utama sel punca: sel punca embrionik dan sel punca dewasa. Thomson et al (1998) berpendapat bahwa sel punca embrionik memiliki kemampuan untuk berdiferensiasi menjadi semua jenis sel dalam tubuh, memberikan potensi terapeutik yang luar biasa. Terdapat 2 sumber sel punca yaitu, Sel Punca Embrionik berasal dari blastokista pada tahap awal embrio. Mereka memiliki potensi untuk berdiferensiasi menjadi setiap jenis sel dalam tubuh. Kemudian Sel Punca Dewasa, ditemukan dalam berbagai jaringan tubuh seperti sumsum

tulang, darah tali pusat, dan jaringan adiposa. Mereka memiliki potensi yang lebih terbatas dibandingkan sel punca embrionik, tetapi tetap penting dalam regenerasi jaringan. Sel punca dewasa, meskipun memiliki potensi yang lebih terbatas dibandingkan sel punca embrionik, memainkan peran penting dalam pemeliharaan dan perbaikan jaringan (Weissman, 2000). Sel punca menawarkan berbagai aplikasi terapeutik, termasuk penggantian jaringan dan organ yaitu menggunakan sel punca untuk meregenerasi atau mengganti jaringan dan organ yang rusak dan pengobatan penyakit genetik yaitu menggunakan sel punca untuk memperbaiki atau mengganti sel yang cacat secara genetik, serta penelitian dan pengembangan obat yaitu menggunakan sel punca untuk mempelajari penyakit dan menguji obat baru. Penggunaan sel punca dalam penelitian dan pengembangan obat telah memungkinkan penemuan baru dalam memahami patofisiologi penyakit dan pengujian obat-obatan baru (Ding et al., 2011).

Terapi regeneratif adalah pendekatan medis yang bertujuan untuk memperbaiki atau mengganti jaringan dan organ yang rusak melalui berbagai metode, termasuk penggunaan sel punca, bahan biomaterial, dan teknik rekayasa jaringan. Terapi regeneratif berfokus pada pemulihan fungsi jaringan dan organ yang rusak dengan memanfaatkan potensi regeneratif sel punca dan bahan biomaterial (Mason & Dunnill, 2008). Teknik Terapi Regeneratif, menggunakan sel punca untuk memperbaiki atau mengganti jaringan yang rusak. Rekayasa Jaringan yaitu menggunakan kombinasi sel, bahan biomaterial, dan faktor bioaktif untuk membangun kembali jaringan atau organ. Rekayasa jaringan menggabungkan prinsip-prinsip biologi sel, teknik biomaterial, dan rekayasa untuk mengembangkan solusi baru dalam regenerasi jaringan. (Langer & Vacanti, 1993). Penggunaan Biomaterial yaitu menggunakan bahan sintetis atau alami untuk mendukung

regenerasi jaringan dan memperbaiki struktur jaringan. Terapi regeneratif memiliki potensi aplikasi luas, termasuk:

- a. Cedera Tulang dan Sendi: Menggunakan sel punca dan rekayasa jaringan untuk memperbaiki tulang dan sendi yang rusak.
- b. Penyakit Jantung: Menggunakan sel punca untuk meregenerasi jaringan jantung yang rusak akibat serangan jantung.
- c. Luka Kronis: Menggunakan bahan biomaterial dan sel punca untuk mempercepat penyembuhan luka kronis.

Terapi regeneratif telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam pengobatan penyakit jantung dengan menggunakan sel punca untuk memperbaiki jaringan jantung yang rusak (Menasché, 2018). Meskipun memiliki potensi besar, teknologi sel punca dan terapi regeneratif menghadapi berbagai tantangan, termasuk dalam hal Keamanan, risiko terjadinya teratoma atau pertumbuhan sel yang tidak terkendali. Etika, Isu etika terkait penggunaan sel punca embrionik dan tantangan dalam regulasi dan pengawasan terapi baru. Isu etika dan regulasi adalah tantangan utama dalam pengembangan dan penerapan teknologi sel punca dan terapi regeneratif (Hyun, 2010). Masa depan teknologi sel punca dan terapi regeneratif sangat cerah, dengan penelitian yang terus-menerus untuk mengatasi tantangan yang ada dan mengembangkan aplikasi baru. Inovasi seperti pengeditan gen CRISPR dan bioprinting 3D menawarkan peluang baru dalam bidang ini. Teknologi baru seperti CRISPR dan bioprinting 3D memiliki potensi untuk merevolusi terapi regeneratif dan membuka peluang baru untuk perawatan medis (Murphy & Atala, 2014). Teknologi sel punca dan terapi regeneratif adalah dua bidang yang saling melengkapi dan memiliki potensi besar untuk mengubah wajah kedokteran dan biologi. Meskipun masih menghadapi berbagai tantangan, perkembangan teknologi dan penelitian yang terus-

menerus membawa harapan baru bagi pengobatan berbagai penyakit yang sebelumnya sulit diobati.

3. Telemedicine dan Perangkat Kesehatan Digital

Telemedicine dan perangkat kesehatan digital adalah inovasi yang semakin penting dalam era teknologi modern. Keduanya menawarkan cara baru dalam menyediakan layanan kesehatan, memantau kondisi pasien, dan meningkatkan efisiensi sistem perawatan kesehatan. Telemedicine adalah penggunaan teknologi komunikasi untuk menyediakan layanan kesehatan jarak jauh. Ini mencakup konsultasi medis, diagnosis, dan pengobatan melalui platform digital seperti video conference, aplikasi mobile, dan telepon. Telemedicine telah mengubah cara layanan kesehatan diberikan, memungkinkan akses yang lebih luas dan meningkatkan efisiensi perawatan (Wootton, 2001). Telemedicine memanfaatkan berbagai teknologi, termasuk: Video Conference yaitu digunakan untuk konsultasi langsung antara dokter dan pasien. Aplikasi Mobile yaitu aplikasi yang memungkinkan pasien memantau kondisi kesehatan mereka dan berkomunikasi dengan penyedia layanan kesehatan. Telemonitoring yaitu penggunaan perangkat untuk memantau kondisi kesehatan pasien dari jarak jauh, seperti tekanan darah dan kadar gula darah. Penggunaan teknologi video conference dalam telemedicine telah meningkatkan aksesibilitas dan kenyamanan bagi pasien, terutama di daerah terpencil. (Dorsey & Topol, 2020).

Manfaat telemedicine meliputi, Aksesibilitas yang memungkinkan pasien di daerah terpencil atau dengan mobilitas terbatas untuk mengakses layanan kesehatan. Efisiensi dapat mengurangi waktu dan biaya perjalanan untuk konsultasi medis. Kontinuitas Perawatan yang memungkinkan pemantauan berkelanjutan dan penyesuaian pengobatan berdasarkan data real-time. Telemedicine dapat mengurangi

biaya perawatan kesehatan dan meningkatkan aksesibilitas bagi populasi yang kurang terlayani (Bashshur et al., 2016).

Perangkat kesehatan digital adalah alat yang menggunakan teknologi digital untuk memantau, mendiagnosis, dan mengelola kondisi kesehatan. Perangkat ini mencakup sensor yang dapat dikenakan, aplikasi mobile, dan alat diagnostik digital. Perangkat kesehatan digital memiliki potensi untuk merevolusi cara kita memantau dan mengelola kesehatan kita sendiri. (Steinhubl et al., 2015). Beberapa teknologi utama dalam perangkat kesehatan digital termasuk:

- a. **Wearables:** Perangkat yang dapat dikenakan seperti jam tangan pintar dan gelang kebugaran yang memantau aktivitas fisik, detak jantung, dan kualitas tidur.
- b. **Aplikasi Mobile Kesehatan:** Aplikasi yang membantu pengguna melacak asupan nutrisi, aktivitas fisik, dan kondisi medis.
- c. **Perangkat IoT (Internet of Things):** Alat yang terhubung ke internet untuk memantau kondisi kesehatan secara real-time dan mengirimkan data ke penyedia layanan kesehatan.

Wearables dan perangkat IoT memberikan wawasan berharga tentang kesehatan individu dan memungkinkan intervensi yang lebih cepat dan tepat (Swan, 2012). Implementasi perangkat kesehatan digital meliputi: Pemantauan Kesehatan Harian seperti memantau aktivitas fisik, asupan kalori, dan kualitas tidur. Manajemen Penyakit Kronis yaitu membantu pasien dengan kondisi kronis seperti diabetes dan hipertensi dalam memantau kondisi mereka dan mengelola pengobatan. Diagnostik dan Screening yaitu alat diagnostik portable yang dapat digunakan untuk screening awal dan diagnosis kondisi medis. Implementasi mobile kesehatan telah menunjukkan efektivitas dalam membantu pasien mengelola kondisi kronis dan meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan (Free et al., 2013). Meskipun memiliki banyak potensi, telemedicine dan

perangkat kesehatan digital juga menghadapi berbagai tantangan, termasuk, risiko pelanggaran privasi dan keamanan data pasien. Tidak semua populasi memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital, dan kurangnya standar yang seragam untuk perangkat kesehatan digital dan praktik telemedicine. Keamanan data dan privasi pasien tetap menjadi tantangan utama dalam penerapan telemedicine dan perangkat kesehatan digital (Meingast et al., 2006). Masa depan telemedicine dan perangkat kesehatan digital sangat cerah, dengan inovasi yang terus-menerus untuk mengatasi tantangan yang ada dan memperluas aplikasi. Kemajuan dalam kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin, dan analisis data besar (big data) menawarkan peluang baru untuk personalisasi perawatan kesehatan dan pengembangan alat diagnostik yang lebih canggih. Integrasi kecerdasan buatan dalam perangkat kesehatan digital dapat meningkatkan akurasi diagnosis dan personalisasi pengobatan (Topol, 2019). Telemedicine dan perangkat kesehatan digital adalah dua bidang yang saling melengkapi dan memiliki potensi besar untuk mengubah wajah layanan kesehatan. Meskipun masih menghadapi berbagai tantangan, perkembangan teknologi dan penelitian yang terus-menerus membawa harapan baru bagi peningkatan aksesibilitas, efisiensi, dan kualitas perawatan kesehatan.

Masa depan biomedik menjanjikan peningkatan dalam personalisasi perawatan, di mana setiap individu mendapatkan perawatan yang disesuaikan dengan profil genetik, lingkungan, dan gaya hidup mereka. Ini akan mengoptimalkan efektivitas pengobatan dan mengurangi risiko efek samping. Penggunaan AI dan teknologi blockchain diharapkan untuk memperkuat keamanan dan privasi data kesehatan, memfasilitasi pertukaran informasi yang aman antara penyedia layanan kesehatan dan pasien. Pengembangan bioelektronik dan perangkat implan yang cerdas dapat mengubah pengobatan penyakit kronis dengan menyediakan terapi yang terprogram secara presisi dan

terintegrasi dengan sistem tubuh manusia. Masa depan biomedik juga akan mencakup tantangan etika baru sehubungan dengan penggunaan teknologi seperti pengeditan gen, penggunaan data kesehatan, dan akses kesetaraan terhadap inovasi medis. Biomedik merupakan bidang yang terus berkembang dengan cepat, didorong oleh inovasi teknologi yang terus menerus. Tren utama seperti genomik, nanoteknologi, dan kecerdasan buatan telah mengubah paradigma dalam diagnosis, pengobatan, dan perawatan kesehatan secara keseluruhan. Masa depan biomedik menjanjikan solusi yang lebih personal, efektif, dan berkelanjutan untuk tantangan kesehatan global.

C. RANGKUMAN

Genomik dan terapi gen membuka peluang baru dalam diagnosis dan pengobatan penyakit dengan memetakan dan mengedit genom manusia. Teknologi pengurutan DNA seperti Next Generation Sequencing (NGS) mempercepat penelitian dan memungkinkan aplikasi medis seperti diagnostik penyakit genetik dan pengembangan terapi berbasis genetik. Terapi gen, termasuk penggunaan CRISPR-Cas9, menawarkan pengobatan langsung pada tingkat genetik untuk penyakit seperti hemofilia dan kanker, meskipun menghadapi tantangan dalam hal keamanan dan etika. Teknologi sel punca menawarkan potensi untuk meregenerasi jaringan dan organ yang rusak. Sel punca embrionik dan dewasa digunakan dalam pengobatan penyakit genetik dan cedera. Terapi regeneratif menggabungkan sel punca, biomaterial, dan rekayasa jaringan untuk memperbaiki atau mengganti jaringan yang rusak, meskipun tantangan terkait keamanan dan etika tetap ada. Telemedicine menggunakan teknologi komunikasi untuk menyediakan layanan kesehatan jarak jauh, meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi. Perangkat kesehatan digital seperti wearables dan aplikasi mobile memantau kondisi kesehatan pasien

secara real-time, mendukung manajemen penyakit kronis dan diagnostik awal.

D. TES FORMATIF

1. Apa yang dimaksud dengan teknologi CRISPR-Cas9 dalam konteks terapi gen?
 - a. Sebuah metode untuk mempercepat pengurutan DNA.
 - b. Sebuah teknik untuk mengedit genom dengan presisi tinggi.
 - c. Sebuah aplikasi untuk memantau kondisi kesehatan secara real-time.
 - d. Sebuah alat diagnostik untuk mendeteksi mutasi genetik.
2. Apa salah satu manfaat utama dari penggunaan telemedicine dalam layanan kesehatan?
 - a. Mengurangi kebutuhan untuk melakukan pengurutan DNA.
 - b. Memungkinkan pengeditan gen yang lebih efisien.
 - c. Meningkatkan aksesibilitas layanan kesehatan bagi pasien di daerah terpencil.
 - d. Meningkatkan potensi regenerasi jaringan dan organ.

E. LATIHAN

Jelaskan bagaimana teknologi genomik dan terapi gen dapat mengubah wajah kedokteran modern. Sertakan dalam jawaban Anda perkembangan teknologi seperti Next Generation Sequencing (NGS) dan CRISPR-Cas9, serta tantangan etika yang dihadapi dalam penerapan teknologi ini !

DAFTAR PUSTAKA

- Aaronson, Philip. I & Ward, Jeremy. P.T. (2010). Sistem Kardiovaskular. Edisi Ke tiga. Jakarta: Erlangga.
- Artal, R., & Rubinfeld, S. (2017). Ethical issues in research. Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology, 43, 107–114.
- Baksheev, A. I., Nozdrin, D. A., Turchina, Z. E., Sharova, O. Y., Rakhinskiy, D. V, & Yurchuk, G. V. (2018). Bioethical principles and mechanisms for regulation of biomedical research. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 10(4), 889–892.
- Bashshur, R. L., et al. (2016). The empirical foundations of telemedicine interventions for chronic disease management. Telemedicine and e-Health, 20(9), 769-800.
- Brunton LL, Chabner BA, Knollmann BC. Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017.
- C. B. Kusmaryanto, S. C. J. (2022). Bioetika Fundamental. Gramedia Pustaka Utama.
- Collins, F. S., et al. (2017). A vision for the future of genomics research. Nature, 422(6934), 835-847. Ding, S., et al. (2011). A chemical approach to stem-cell biology and regenerative medicine. Nature, 453(7193), 338-344.
- Constitution of WHO: Principles. Available at <http://www.who.int/about/mission/en/>, accessed on July 20, 2024.
- Conti AA. Albrecht von Haller: an encyclopaedic cosmopolite in the history of Swiss medicine. Clin Ter 2013; 164: e445-448.

- Conti AA. From informed consent to informed dissent in health care: historical evolution in the twentieth century. *Acta Bio Medica* 2017; 88: 201-3.
- Conti AA. Reconstructing medical history: historiographical features, approaches and challenges. *Clin Ter* 2011; 162: 133-6.
- Creative Biostructures: Nucleic Acids Structures. 2024.: <https://microbenotes.com/nucleic-acids-nucleosides-and-nucleotides/>
- Darman, A., Evi, W., Nur, F., Mantasia, M., Indra S, I. S., Ernawati, E., ... & Anita, K. Book Chapter: Pengantar Ilmu Patofisiologi (Konsep Dasar, Sejarah Perkembangan, dan Aspek Penting Memahami Kondisi Medis dalam Tubuh Manusia).
- Davies, A., Moores, C. 2014. *The Respiratory System: Basic Science and Clinical Conditions*. United Kingdom: Elsevier Health Sciences.
- Department of Health and Human Services. (2018). Federal Policy for the Protection of Human Subjects ('Common Rule'). <https://www.hhs.gov/ohrp/regulations-and-policy/regulations/common-rule/index.html>
- DiPiro JT, Talbert RL, Yee GC, Matzke GR, Wells BG, Posey LM. *Pharmacotherapy: A Pathophysiologic Approach*. 11th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2020.
- Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2020). State of telehealth. *New England Journal of Medicine*, 375(2), 154-161.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2014). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 346(6213), 1258096.

- Elliot W.H., Elliot, D.C. 1996. Biochemistry and Molecular Biology. John Willey & Sons, New York.
- European Union. (2016). General Data Protection Regulation (GDPR). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0679>
- Ferretti, A., Ienca, M., Hurst, S., & Vayena, E. (2020). Big data, biomedical research, and ethics review: new challenges for IRBs. *Ethics & Human Research*, 42(5), 17–28.
- Free, C., et al. (2013). The effectiveness of mobile-health technology-based health behaviour change or disease management interventions for health care consumers: a systematic review. *PLoS medicine*, 10(1), e1001362.
- Goodman LS, Gilman A, Brunton LL, Lazo JS, Parker KL. Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics. 13th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017.
- Guyton, A.C. and Hall. 1997. Fisiologi Kedokteran. Edisi 9. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Hardman JG, Limbird LE, Gilman AG. Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics. 12th ed. New York: McGraw-Hill Professional; 2011.
- Harry Murti, dkk. 2007. Regulasi Siklus Sel : Kunci Sukses Somatic Cell Nuclear Transfer. *Cdk* vol.34 no. 6/159 Nov-Des.
- Hasissya, dkk. 2023. Ilmu Biomedik Untuk Perawat. Edisi 1. Jawa Tengah: Eureka Media Aksara
- Hilal-Dandan R, Brunton LL. Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of Therapeutics. 15th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2022.

- Huether, S. E., McCance, K. L., Brashers, V. L., & Rote, N. S. (2019). Buku ajar patofisiologi. Jakarta: Elsevier Ltd.
- Hyun, I. (2010). The bioethics of stem cell research and therapy. *The Journal of Clinical Investigation*, 120(1), 71-75.
- Irfan, I. (2018). Kedudukan Informed Consent Dalam Hubungan Dokter Dan Pasien. *DE LEGA LATA: Jurnal Ilmu Hukum*, 3(2), 154–165.
- June, C. H., et al. (2018). CAR T cell therapy for human cancer. *Science*, 359(6382), 1361-1365.
- Katzung BG, Masters SB, Trevor AJ. Basic & Clinical Pharmacology. 14th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2017.
- Katzung BG, Trevor AJ, Kruidering-Hall M. Basic & Clinical Pharmacology. 16th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2021.
- Lalla, N. S. N., Setyawati, A., Achmad, V. S., Nurbaiti, M., Haiti, M., Hadrianti, D., ... & Wahyuni, E. (2023). Patofisiologi. Global Eksekutif Teknologi.
- Langer, R., & Vacanti, J. P. (1993). Tissue engineering. *Science*, 260(5110), 920-926. Lander, E. S., et al. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature*, 409(6822), 860-921.
- Lawrence, D. J. (2007). The Four Principles of Biomedical Ethics: A Foundation for Current Bioethical Debate. *Journal of Chiropractic Humanities*, 14, 34–40. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1556-3499\(13\)60161-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1556-3499(13)60161-8)
- Lehninger A.L. 2003. Principles of Biochemistry, Tata Mc Graw Hill Co. New Delhi

- Lestari, R. D. (2021). Perlindungan Hukum bagi Pasien dalam Telemedicine. *Jurnal Cakrawala Informasi*, 1(2), 51–65.
- Lestari, R. D. (2023a). Bioetika dalam Ilmu Kedokteran dan Multidisiplin Keilmuan. *MAHESA: Malahayati Health Student Journal*, 3(10), 3218–3224.
- Lestari, R. D. (2023b). Rekonstruksi Regulasi Perlindungan Hukum Bagi Dokter Dan Pasien Dalam Pelayanan Kesehatan Melalui Telemedicine Berbasis Nilai Keadilan. Universitas Islam Sultan Agung.
- Mardis, E. R. (2008). Next-generation DNA sequencing methods. *Annual review of genomics and human genetics*, 9, 387-402.
- Martins, P. N. (2018). A concise study on the history of Bioethics: some reflections. *Middle East Journal of Business*, 13(1), 35–37.
- Mason, C., & Dunnill, P. (2008). A brief definition of regenerative medicine. *Regenerative medicine*, 3(1), 1-5.
- Meingast, M., Roosta, T., & Sastry, S. (2006). Security and privacy issues with health care information technology. In 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 5453-5458). IEEE.
- Menasché, P. (2018). Cell therapy trials for heart regeneration—lessons learned and future directions. *Nature Reviews Cardiology*, 15(11), 659-671.
- Michaleas, S. N., Laios, K., Tsoucalas, G., & Androutsos, G. (2021).
- Microbe Notes: Nucleic Acids- Nucleosides and Nucleotides. 2022.: <https://microbenotes.com/nucleic-acids-nucleosides-and-nucleotides/>

- Mikhail Teppone. (2019). Medicine has always been “Modern” and “Scientific” from ancient times to the present day. *Journal of Integrative Medicine*, 17(4), 229–237.
- Murphy, S. V., & Atala, A. (2014). 3D bioprinting of tissues and organs. *Nature biotechnology*, 32(8), 773-785.
- Naldini, L. (2015). Gene therapy returns to centre stage. *Nature*, 526(7573), 351-360.
- Nasser, M., Tibi, A. and Savage-Smith, E. (2009) ‘Ibn Sina’s Canon of Medicine: 11th century rules for assessing the effects of drugs’, *Journal of the Royal Society of Medicine*, 102(2), p. 78. doi: 10.1258/JRSM.2008.08K040
- Nissen P, Hansen J, Ban N, Moore PB, Steitz TA. 2000. The structural basis of ribosome activity in peptide bond synthesis. *Science*.
- Olson KR, Anderson IB, Benowitz NL, Blanc PD, Clark RF, Kearney TE. *Poisoning & Drug Overdose*. 7th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2018.
- Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change | *Nature Climate Change*. Accessed June 30, 2023. <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01426-1>.
- Papadakis MA, McPhee SJ, Rabow MW. *Current Medical Diagnosis & Treatment* 2023. New York: McGraw-Hill Education; 2023.
- Piasecki, J., Walkiewicz- arek, E., Figas-Skrzypulec, J., Kordecka, A., & Dranseika, V. (2021). Ethical issues in biomedical research using electronic health records: a systematic review. *Medicine, Health Care and Philosophy*, 24(4), 633–658.
- Purnomo, dkk. 2009. *Biologi Kelas XI*. Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.

- Rang HP, Dale MM, Ritter JM, Flower RJ, Henderson G. Rang & Dale's Pharmacology. 8th ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2015.
- Rangki, L., Tukatman, T., Yusra, A., Ginanjar, R., Purnama, P. A., Wardani, D. P. K., ... & Sholih, M. G. (2023). Patofisiologi Untuk Mahasiswa Keperawatan.
- Rinčić, I., & Muzur, A. (2011). Fritz Jahr: The invention of bioethics and beyond. *Perspectives in Biology and Medicine*, 54(4), 550–556. <https://doi.org/10.1353/pbm.2011.0045>
- Rumanta, M. 2009. *Praktikum IPA di SD*. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Salman, R. A.-S., Beller, E., Kagan, J., Hemminki, E., Phillips, R. S., Savulescu, J., Macleod, M., Wisely, J., & Chalmers, I. (2014). Increasing value and reducing waste in biomedical research regulation and management. *The Lancet*, 383(9912), 176–185.
- Setyawan, A. B. (2020). *Patofisiologi Untuk Mahasiswa Keperawatan*.
- Silbernagl, Stefan. 2000. *Atlas Berwarna dan Teks Fisiologi*. Edisi pertama. Stuttgart, Germany. Hal : 1-21.
- Smith WD. *The Hippocratic Tradition*. Ithaca: Cornell University Press; 1979.
- Soenarto, dkk S. (2023). *Bioetika: Meneguhkan Kembali Etika Kehidupan Berbangsa dan Bernegara*.
- Steinhubl, S. R., Muse, E. D., & Topol, E. J. (2015). The emerging field of mobile health. *Science translational medicine*, 7(283), 283rv3.

- Subardi, M. 2009. *Praktikum IPA di SD*. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Swan, M. (2012). Sensor mania! The Internet of Things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 1(3), 217-253.
- Syaifuddin. 2009. *Anatomi Tubuh Manusia Edisi 2*. Jakarta: Salemba Medika.
- Syamsul dan Natzir. 2023. *Anatomi Fisiologi Sistem Endokrin*. Edisi 1. Jawa Tengah: Tahta Media Group
- Tannenbaum, J. (2017). Ethics in biomedical animal research: the key role of the investigator. In *Animal models for the study of human disease* (pp. 1–44). Elsevier.
- Theophrastus Bombastus Von Hohenheim (Paracelsus) (1493–1541): The eminent physician and pioneer of toxicology. *Toxicology Reports*, 8, 411–414. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.02.012>.
- Theophrastus Bombastus von Hohenheim. *Opus Paramirum*. San Gallo; 1531.
- Thomson, J. A., et al. (1998). Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*, 282(5391), 1145-1147.
- Tinungki, Y. L., Hairat, U., Rinarto, N. D., Supatmi, S., Destari, P. L., Zen, S., ... & Sagitarini, P. N. (2023). *Buku Ajar Ilmu Biomedik Dasar*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia
- Topol, E. J. (2019). High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature medicine*, 25(1), 44-56.
- Trujillo Jr., G. M. (2021). Principlism in Biomedical Ethics: Respect for Autonomy, Non-Maleficence, Beneficence, and Justice.

1000-Word Philosophy, February, 1–10.
<https://1000wordphilosophy.files.wordpress.com/2021/07/principlism-in-ethics.pdf>

- Wahid, W. O. L. dan La ode A. B. 2018. Sejarah Pengobatan Tradisional Orang Buton Di Kecamatan Batupoaro Kota Baubau: 1986-2016. *Journal Idea Of History*: Vol 01 Nomor 1. Wahyudiati, Dwi. 2017. *Biokimia*. Mataram: LEPPIM Mataram
- Wahlberg, A., Rehmann-Sutter, C., Sleeboom-Faulkner, M., Lu, G., Doring, O., Cong, Y., Laska-Formejster, A., He, J., Chen, H., & Gottweis, H. (2013). From global bioethics to ethical governance of biomedical research collaborations. *Social Science & Medicine*, 98, 293–300.
- Watson J. 2010. *Cell Biology, Molecular Biology and Biotechnology*. Pearson Education
- Weeks A (ed.). *Paracelsus (Theophrastus Bombastus von Hohenheim, 1493-1541). Essential Theoretical Writings*. Leiden and Boston: Brill; 2008.
- Weissman, I. L. (2000). Stem cells: units of development, units of regeneration, and units in evolution. *Cell*, 100(1), 157-168.
- Whitehouse, P. J. (2003). The rebirth of bioethics: extending the original formulations of Van Rensselaer Potter. *American Journal of Bioethics*, 3(4), 26–31.
- Widmaier, E., Raff, H. and Strang, K.T., 2022. *Vander's Human Physiology*. McGraw-Hill US Higher Ed USE.
- Widodo, A. dkk. 2006. *Pendidikan IPA di SD*. Bandung : UPI Press
- Winarsih, dkk. 2008. *IPA Terpadu untuk Kelas Menengah*. Depdikbud.

- Wootton, R. (2001). Recent advances: telemedicine. *BMJ*, 323(7312), 557-560.
- Zuhra, A. (2020). Analisis Yuridis Biolaw dan Penerapan di Indonesia Menurut Hukum Internasional. *Hukum Pidana Dan Pembangunan Hukum*, 2(2).
- Zuliani,R, dkk. 2014. Konsep Dasar IPA I. PGSD: Universitas Muhammadiyah Tangerang.

TENTANG PENULIS



Ns. Elfina Natalia, S.Kep., M.Kep., Sp.Kep.A

Lahir di Samarinda, 20 Desember 1986 Kalimantan Timur. Penulis menyelesaikan pendidikan DIII Keperawatan pada Akper Dirgahayu Samarinda (2007), Sarjana Keperawatan di Fakultas Keperawatan Universitas Airlangga (2012), dan Magister Keperawatan di STIK Sint Carolus Jakarta (2017), kemudian Spesialis Keperawatan Anak Di Universitas Indonesia (2023). Sekarang menjadi bagian sivitas akademik STIKES Dirgahayu Samarinda, sebagai dosen prodi Sarjana dan Ners Keperawatan. Penulis juga aktif melakukan penelitian yang berkaitan dengan keperawatan anak dan keperawatan dasar serta Ilmu Biomedik, telah dipublikasikan pada beberapa jurnal nasional terakreditasi *Science and Technology Index* (SINTA).



Ns. Niken Ayu Merna Eka Sari, S.Kep., M.Biomed

Merupakan seorang penulis dan dosen di Prodi Keperawatan STIKes Wira Medika Bali. Lahir di Bondowoso, 29 Maret 1986. Penulis adalah istri dari Bpk. Hendro Wahyudi, S.Kep., M.Pd dan telah dikarunia tiga orang anak. Saat ini penulis tinggal di Denpasar tepatnya di Denpasar Utara. Cita-cita penulis menjadi tenaga kesehatan adalah impiannya sejak kecil. Ketertarikan terhadap dunia keperawatan dimulai sejak penulis duduk di bangku Sekolah Menengah Atas (SMA). Hal tersebut membuat penulis memilih melanjutkan Pendidikan ke perguruan tinggi di STIKes ICME Jombang pada tahun 2004 dan akhirnya mendapat gelar S1 Keperawatan tahun 2009. Penulis

kemudian melanjutkan Pendidikan magister Biomedik di Universitas Udayana pada tahun 2015. Saat ini penulis aktif berkarir di bidang keperawatan anak dan tergabung dalam Ikatan Perawat Anak Indonesia (IPANI) Propinsi Bali. Penulis aktif melakukan penelitian-penelitian di bidang keperawatan anak, beberapa hibah penelitian pernah diraih diantaranya hibah penelitian Kementerian RisTek DIKTI, Hibah penelitian AINEC dan hibah penelitian DPD PPNI Kota Denpasar. Selain itu penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif terutama di bidang keperawatan.



Nishia Waya Meray, M. Si

Seorang Dosen Prodi Farmasi Fakultas Humaniora dan Kesehatan Universitas Mulia Balikpapan. Lahir di Jakarta, 4 Agustus 1987. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Karel Cornelis Meray dan Ibu Ritha Valentina Solang. Ia menamatkan pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Negeri Manado Jurusan Kimia dan menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Institut Teknologi Bandung Prodi Kimia konsentrasi di bidang Biokimia dan Bioteknologi. Buku yang telah ditulis dan terbit berjudul Kimia Dasar: Teori Komprehensif dan Modul Praktikum: Kimia Farmasi Dasar.



**Ns. Ni Luh Gede Puspita Yanti, S.Kep.,
M.Biomed**

Seorang penulis dan dosen tetap STIKES Wira Medika Bali. Lahir di desa Pandak Gede, 27 Februari 1987 dan bertempat tinggal di Denpasar-Bali. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan bapak Wayan Darsana dan Ni Wayan Dentri.

Penulis mengawali pendidikan perawat pada tahun 2014 di STIKES Surya Global Yogyakarta, dan menyelesaikan profesi ners pada tahun 2010. Mengawali dunia kerja pada tahun 2010 sebagai salah satu staf pengajar di STIKES Wira Medika Bali, penulis mulai memiliki ketertarikan pada bidang Keperawatan Maternitas, sehingga pada tahun 2012 melanjutkan pendidikan di Universitas Udayana mengambil jurusan Ilmu Biomedik dengan peminatan Ilmu Kesehatan Reproduksi. Penulis aktif dalam melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi dan selalu mengarahkan kegiatan agar sesuai dengan bidang kepakaran. Penulis juga aktif dalam organisasi profesi “Ikatan Perawat Maternitas Indonesia Provinsi Bali”. Penulis mulai tertarik dalam menulis buku pada tahun 2022, dan telah berkontribusi dalam penerbitan buku berjudul “Tatalaksana Bayi Baru Lahir”, “Buku Ajar Maternitas” dan “Konsep Dasar Keperawatan”

Email penulis : puspitayanti@stikeswiramedika.ac.id



Tasbihul Anwar, S.Kep., Ns., M.Kep.

Adalah penulis buku ini penulis lahir dari orang tua H. Taufik AS dan Hj. Haryati sebagai anak kedua dari empat bersaudara, dan penulis memiliki istri yang bernama Fitri Amd.Kep dan satu buah hati Yaitu Shazfa Al-Tasbih. Penulis dilahirkan di Kp. Priyayi Tengah Kota Serang Provinsi Banten, Penulis menempuh pendidikan keperguruan tinggi sebagai lulusan D III Keperawatan (Diploma) di STIKes Faletehan, melanjutkan kembali Sarjana Keperawatan (S1) di STIKes Faletehan, Menempuh Profesi Keperawatan (Ners) di STIKes Faletehan dan melanjutkan Magister Keperawatan (S2) di Universitas Muhammadiyah Jakarta, penulis juga sedang melanjutkan Studi (S3) Doktorat di Universitas Padjadjaran Fakultas Ilmu Kedokteran. Penulis adalah pengusaha, Peneliti dan sebagai dosen Keperawatan Universitas Faletehan. Merupakan Dosen Pengajar di Departemen Keperawatan Medikal Bedah (KMB).



apt. Teodhora, M.Farm,

Merupakan seorang penulis dan dosen tetap di Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi Institut Sains dan Teknologi Nasional sejak tahun 2019, sebagai seorang yang sepenuhnya mengabdikan dirinya dalam tridharma perguruan tinggi dosen, selain pendidikan formal yang telah ditempuhnya, penulis juga mengikuti berbagai pelatihan untuk meningkatkan kinerja dosen, khususnya di bidang pengajaran, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat. Penulis memiliki pengalaman mengajar di bidang Farmakologi, Farmakoterapi, Imunologi, Toksikologi dan Patofisiologi. Selain itu, penulis juga aktif menjadi Apoteker berpraktek di sarana pelayanan kefarmasian yaitu di Apotek. Penulis dapat dihubungi melalui email: c.teodhora@istn.ac.id



Dr. dr. Rinna Dwi Lestari, Sp. KFR., SH., MH., FISQua., AIFO-K., CH-CHt.

Seorang Akademisi, Praktisi, Peneliti yang menekuni bidang ilmu Bioetika Humaniora Kedokteran/Kesehatan, Hukum Kesehatan, Kedokteran Fisik & Rehabilitasi. Saat ini penulis sebagai dosen tetap aktif di Fakultas Kedokteran Universitas Wahid Hasyim. Penulis mengampu mata kuliah Bioetika Etik-Medikolegal Humaniora Kedokteran dan Ilmu Kedokteran Fisik & Rehabilitasi. Selain itu

penulis aktif sebagai dosen tidak tetap mengampu mata kuliah Viktimologi di Fakultas Hukum Universitas Wahid Hasyim, mata kuliah Hukum Administrasi Kesehatan di Megister Hukum Fakultas Hukum Universitas Jenderal Soedirman, mata kuliah Sosiologi Kesehatan di Program Studi Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik (FISIP) Universitas Islam Negeri Wali Songo. Kegiatan penulis terkait ilmiah lainnya adalah sebagai pemateri diberbagai kegiatan ilmiah, penulis artikel ilmiah di jurnal nasional & internasional. Sebagai praktisi medis, penulis berpraktik klinik sebagai Dokter Spesialis Rehabilitasi Medik di beberapa Rumah Sakit.



Dr. dr. Dewa Putu Wisnu Wardhana, Sp.BS, Subsp.TB

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Udayana pada tahun 2009, melanjutkan pendidikan dokter spesialis pada tahun 2010 di Universitas Airlangga dan mendapatkan gelar spesialis bedah saraf pada tahun 2015. Mulai tahun 2016, penulis menjalani berbagai pendidikan fellowship bedah saraf dan bedah tulang belakang di Brain and Spine Clinis

Gleneagles Hospital dan Mt. Alvernia Hospital, Singapura. Pendidikan fellowship bedah tulang belakang di Center of Minimally Invasive Spinal Surgery Shin-Yurigaoka General Hospital, Kanagawa, Jepang juga dijalani pada tahun yang sama. Tahun 2017, beliau menjalani pendidikan fellowship skull base surgery di Universitas Osaka, Jepang serta mendapatkan gelar Fellow of International College of Surgery (FICS). Tahun 2019, beliau memperoleh gelar Fellow of Indonesian Neurosurgical Pain Society (FINPS). Pada tahun 2021 mendapatkan Subspesialis Bedah Saraf Neurospine dari Kolegium Ilmu Bedah Saraf Indonesia. Sejak tahun 2016, beliau mengawali karir sebagai dokter spesialis dan staf departemen Bedah, subdivisi Bedah Saraf Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, RSUP Sanglah kemudian dilanjutkan RS Universitas Udayana, Bali sejak 2018 hingga saat ini; sejak tahun 2017, sebagai dokter spesialis bedah saraf di RS Bali Med Hospital, Bali; sejak tahun 2019, dokter spesialis bedah saraf di RS Siloam Hospital Bali, Badung. Penulis merupakan salah satu penguji terakreditasi untuk Uji Kompetensi Program Profesi Dokter Objective Structured Clinical Exam (UKMPPD-OSCE), dosen tersertifikasi nasional, dan instruktur berbagai pelatihan.

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Buku Gudang Ilmu, Membaca Solusi
Kebodohan, Menulis Cara Terbaik
Mengikat Ilmu. Everyday New Books

SONPEDIA.COM
PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166

Kota Jambi 36129

Tel +6282177858344

Email: sonpediapublishing@gmail.com

Website: www.buku.sonpedia.com