

# Farmasi Terkini:

## Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern



apt. Lidia Klorida Br. Barus, S.Farm., M.Farm., Dr. Apt. Titta Hart yana Sutarna,  
S.Si., M.Sc., Dr. apt. Faizal Hermanto, M.Si., apt. Selpida Handayani, S.Farm.,  
M.Si., apt. Supriadi, S.Si., M.Farm., apt. Ririn Pusp adewi, S.Si., M.Si.,  
apt. Bangkit Riska Permata, M.Farm., apt. Rizky Yulion Putra, M.Farm.,  
dan apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm.



# **Farmasi Terkini: Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern**

**apt. Lidia Klorida Br. Barus, S.Farm., M.Farm., Dr. Apt. Titta Hartyana Sutarna, S.Si., M.Sc., Dr. apt. Faizal Hermanto, M.Si., apt. Selpida Handayani, S.Farm., M.Si., apt. Supriadi, S.Si., M.Farm., apt. Ririn Puspawati, S.Si., M.Si., apt. Bangkit Riska Permata, M.Farm., apt. Rizky Yulion Putra, M.Farm., dan apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm.**

PT BUKULOKA LITERASI BANGSA

Anggota IKAPI: No. 645/DKI/2024



# **Farmasi Terkini: Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern**

Penulis : apt. Lidia Klorida Br. Barus, S.Farm., M.Farm., Dr.  
Apt. Titta Hartyana Sutarna, S.Si., M.Sc., Dr. apt.  
Faizal Hermanto, M.Si., apt. Selpida Handayani,  
S.Farm., M.Si., apt. Supriadi, S.Si., M.Farm., apt.  
Ririn Puspawati, S.Si., M.Si., apt. Bangkit Riska  
Permata, M.Farm., apt. Rizky Yulion Putra, M.Farm.,  
dan apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm.

ISBN : 978-634-250-148-1 (PDF)

Penyunting Naskah : Ahmad Fauzy Pratama, S.Pd.

Tata Letak : Ahmad Fauzy Pratama, S.Pd.

Desain Sampul : Fahri Firliansyah

Penerbit

Penerbit PT Bukuloka Literasi Bangsa

Distributor: PT Yapindo

Kompleks Business Park Kebon Jeruk Blok I No. 21, Jl. Meruya Ilir Raya  
No. 88, Kelurahan Meruya Utara, Kecamatan Kembangan, Kota Adm.  
Jakarta Barat, Provinsi DKI Jakarta, Kode Pos: 11620

Email : penerbit.blb@gmail.com

Whatsapp : 0878-3483-2315

Website : bukuloka.com

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

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

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

Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

# KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku ajar berjudul *Farmasi Terkini: Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern* ini dapat hadir di tengah pembaca sebagai sumber informasi yang relevan dengan perkembangan dunia kesehatan saat ini.

Buku ini ditujukan dan dipasarkan untuk masyarakat umum, termasuk pasien, keluarga, pengelola layanan kesehatan, serta siapa saja yang ingin mengenal lebih dekat peran apoteker dan dunia farmasi secara keseluruhan. Perubahan zaman dan kemajuan teknologi telah membawa tugas apoteker melampaui sekadar meracik dan menyerahkan obat. Kini, apoteker juga berperan sebagai pendamping, pemberi edukasi, serta penghubung antara pengobatan dan keselamatan pasien.

Dengan penyajian yang ringkas dan aplikatif, buku ini diharapkan dapat membangun pemahaman masyarakat tentang betapa pentingnya kolaborasi antara pasien dan apoteker dalam mewujudkan pelayanan kesehatan yang aman, tepat, dan manusiawi.

Jakarta, Agustus 2025

Tim Penyusun

# DAFTAR ISI

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                                        | <b>iii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                            | <b>iv</b>  |
| <b>Bab 1: Evolusi Dunia Farmasi: Dari Obat Tradisional ke Terapi Presisi.....</b> | <b>1</b>   |
| 1.1 Perkembangan Awal Penggunaan Obat .....                                       | 1          |
| 1.2 Era Farmasi Modern Awal .....                                                 | 4          |
| 1.3 Bioteknologi dan Terapi Target.....                                           | 8          |
| 1.4 Farmakogenomik dan Terapi Presisi .....                                       | 11         |
| 1.5 Tantangan dan Etika dalam Farmasi Modern.....                                 | 14         |
| 1.6 Latihan Soal.....                                                             | 17         |
| <b>Bab 2: Rahasia di Balik Tablet: Sains di Dunia Formulasi Obat .....</b>        | <b>18</b>  |
| 2.1 Pengenalan Formulasi Obat.....                                                | 18         |
| 2.2 Komponen Utama dalam Tablet.....                                              | 21         |
| 2.3 Proses Pembuatan Tablet.....                                                  | 24         |
| 2.4 Inovasi dalam Teknologi Formulasi .....                                       | 27         |
| 2.5 Tantangan dalam Formulasi Tablet .....                                        | 30         |
| 2.6 Latihan Soal.....                                                             | 33         |
| <b>Bab 3: Obat &amp; Genetik: Menuju Era Farmakogenomik .....</b>                 | <b>34</b>  |
| 3.1 Pengertian Farmakogenomik.....                                                | 34         |
| 3.2 Hubungan antara Genetik dan Respon Obat.....                                  | 37         |
| 3.3 Kegunaan Farmakogenomik dalam Terapi Klinis.....                              | 40         |
| 3.4 Contoh Penerapan Farmakogenomik.....                                          | 43         |
| 3.5 Latihan Soal.....                                                             | 46         |
| <b>Bab 4: Obat Herbal vs Obat Modern: Sinergi atau Saingan? .....</b>             | <b>47</b>  |
| 4.1 Pemahaman Dasar Obat Herbal dan Obat Modern.....                              | 47         |
| 4.2 Efektivitas dan Keamanan Penggunaan .....                                     | 49         |

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3 Regulasi dan Standarisasi .....                               | 53         |
| 4.4 Latihan Soal.....                                             | 56         |
| <b>Bab 5: Obat Generik dan Mitos di Masyarakat.....</b>           | <b>57</b>  |
| 5.1 Pengertian Obat Generik .....                                 | 57         |
| 5.2 Jenis-Jenis Obat Generik .....                                | 59         |
| 5.3 Kegunaan Obat Generik .....                                   | 62         |
| 5.4 Mitos yang Berkembang di Masyarakat.....                      | 65         |
| 5.5 Latihan Soal.....                                             | 67         |
| <b>Bab 6: Antibiotik: Obat Hebat yang Bisa Menjadi Bumerang</b>   | <b>69</b>  |
| 6.1 Pengertian dan Fungsi Antibiotik.....                         | 69         |
| 6.2 Jenis-Jenis Antibiotik dan Cara Kerjanya.....                 | 72         |
| 6.3 Risiko Penggunaan yang Tidak Tepat .....                      | 75         |
| 6.4 Resistensi Antibiotik: Masalah Kesehatan Global .....         | 78         |
| 6.5 Prinsip Penggunaan Antibiotik yang Bijak .....                | 82         |
| 6.6 Latihan Soal.....                                             | 84         |
| <b>Bab 7: Dunia Kosmetik Farmasi: Antara Kecantikan dan Sains</b> | <b>85</b>  |
| 7.1 Definisi Kosmetik Farmasi.....                                | 85         |
| 7.2 Bahan Aktif dalam Kosmetik Farmasi .....                      | 88         |
| 7.3 Formulasi dan Stabilitas Produk.....                          | 91         |
| 7.4 Uji Keamanan dan Efikasi.....                                 | 94         |
| 7.5 Perkembangan Teknologi Kosmetik .....                         | 97         |
| 7.6 Latihan Soal.....                                             | 101        |
| <b>Bab 8: Vaksin dan Misinformasi: Tugas Berat Farmasis .....</b> | <b>102</b> |
| 8.1 Peran Penting Vaksinasi dalam Kesehatan Masyarakat .....      | 102        |
| 8.2 Misinformasi tentang Vaksin.....                              | 106        |
| 8.3 Dampak Misinformasi terhadap Program Vaksinasi .....          | 110        |
| 8.4 Peran Farmasis dalam Edukasi dan Klarifikasi Informasi.....   | 114        |
| 8.5 Strategi Melawan Misinformasi Vaksin.....                     | 117        |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.6 Latihan Soal.....                                                          | 120        |
| <b>Bab 9: Teknologi Digital dalam Farmasi.....</b>                             | <b>121</b> |
| 9.1 Pengertian Teknologi Digital dalam Farmasi .....                           | 121        |
| 9.2 Jenis-Jenis Teknologi Digital di Farmasi .....                             | 122        |
| 9.3 Kegunaan Teknologi Digital dalam Farmasi .....                             | 125        |
| 9.4 Tantangan Implementasi Teknologi Digital .....                             | 128        |
| 9.5 Latihan Soal.....                                                          | 131        |
| <b>Bab 10: Apoteker Masa Depan: Praktisi, Inovator, dan<br/>Pendidik .....</b> | <b>132</b> |
| 10.1 Peran Apoteker Masa Kini dan Masa Depan.....                              | 132        |
| 10.2 Apoteker sebagai Praktisi Klinis .....                                    | 142        |
| 10.3 Apoteker sebagai Inovator dan Peneliti.....                               | 148        |
| 10.4 Apoteker sebagai Pendidik dan Advokat Kesehatan .....                     | 151        |
| 10.5 Tantangan dan Peluang dalam Profesi Apoteker.....                         | 154        |
| 10.6 Latihan Soal.....                                                         | 155        |
| <b>Profile Penulis.....</b>                                                    | <b>156</b> |
| <b>Daftar Pustaka.....</b>                                                     | <b>166</b> |

# Bab 1: Evolusi Dunia

## Farmasi: Dari Obat

## Tradisional ke Terapi Presisi

---

### 1.1 Perkembangan Awal Penggunaan Obat

Sejak awal peradaban, manusia telah menyadari adanya hubungan antara gejala penyakit dan potensi penyembuhan dari alam sekitarnya. Ketika seseorang mengalami luka atau demam, insting dan pengalaman kolektif mendorong penggunaan dedaunan, akar, atau batuan tertentu yang dianggap memiliki kekuatan penyembuhan. Penggunaan zat-zat alami seperti tanaman, mineral, dan bagian tubuh hewan merupakan bentuk awal interaksi manusia dengan konsep pengobatan. Dalam berbagai kebudayaan, praktik ini berkembang menjadi sistem yang lebih terstruktur, seperti *Ayurveda* di India, *Traditional Chinese Medicine* (TCM) di Tiongkok, serta penggunaan *jamu* di Indonesia. Ketiganya mewakili warisan pengetahuan yang tidak hanya berfungsi secara praktis, tetapi juga menyatu dalam kepercayaan dan pandangan hidup masyarakat.

*Ayurveda*, yang berasal dari kata *ayus* (hidup) dan *veda* (pengetahuan), telah berusia lebih dari 3.000 tahun. Dalam sistem ini, penyakit dianggap sebagai ketidakseimbangan unsur dalam tubuh, dan obat disiapkan dari kombinasi tumbuhan, logam, serta

bahan organik lainnya. Di Tiongkok, catatan kuno seperti *Shennong Ben Cao Jing* mendokumentasikan ratusan jenis tanaman dan bahan yang diyakini memiliki khasiat dalam menjaga kesehatan dan mengatasi gangguan tubuh. Sementara itu, di Nusantara, *jamu* telah menjadi bagian dari tradisi turun-temurun, sering kali diracik oleh para perempuan sebagai bagian dari perawatan keluarga. Penggunaan bahan seperti kunyit, temulawak, dan jahe dikenal luas karena efeknya dalam memperkuat daya tahan tubuh dan mengurangi nyeri (Moerman, 1998).

Ketiga sistem tradisional ini tidak hanya mengandalkan satu jenis bahan, melainkan menekankan pentingnya keseimbangan komposisi dan waktu pemberian. Hal ini menunjukkan bahwa sejak awal, manusia telah menggunakan bentuk observasi sistematis dalam menentukan kombinasi bahan obat. Dalam prosesnya, terjadi seleksi alami terhadap bahan-bahan yang efektif dan aman, seiring dengan berkembangnya pengalaman kolektif masyarakat.

Perjalanan waktu membawa perubahan signifikan dalam cara manusia memahami dan menggunakan obat. Dalam peradaban Mesopotamia dan Mesir Kuno, mulai dikenal tulisan-tulisan yang mencatat berbagai jenis tanaman dan cara penggunaannya. Misalnya, *Ebers Papyrus* dari Mesir yang diperkirakan berasal dari tahun 1550 SM mencatat lebih dari 700 resep obat. Catatan tersebut menggambarkan upaya manusia untuk menyimpan pengetahuan secara sistematis dan menjadi cikal bakal dokumentasi farmasi yang lebih maju.

Kemajuan pemikiran di era Yunani dan Romawi turut memperluas wawasan tentang obat. Tokoh seperti Hippocrates dan Galen dikenal sebagai pelopor dalam pemahaman kesehatan dan pengobatan yang lebih rasional. Mereka tidak hanya mengamati efek zat tertentu terhadap tubuh, tetapi juga berusaha memahami prinsip kerja di balik bahan-bahan tersebut. Konsep empat cairan tubuh (*humor*) menjadi teori sentral pada masa itu, di mana keseimbangan darah, lendir, empedu kuning, dan empedu hitam dipercaya sebagai penentu kondisi tubuh. Pengaruh pemikiran ini sangat kuat dan bertahan hingga berabad-abad kemudian, bahkan ketika berkembang ke dunia Arab dan Eropa.

Tradisi farmasi Arab memberikan kontribusi besar dalam hal teknik persiapan dan klasifikasi obat. Tokoh seperti Al-Razi dan Ibn Sina tidak hanya menulis buku yang menjadi referensi luas, tetapi juga memperkenalkan laboratorium sederhana untuk ekstraksi bahan aktif. Dalam karyanya *Al-Qanun fi al-Tibb*, Ibn Sina membahas berbagai jenis obat, dosis, dan efek sampingnya secara terperinci (Nasr, 2006). Konsep ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam pemahaman tentang bagaimana suatu zat dapat bekerja dalam tubuh dan bagaimana cara mengoptimalkan penggunaannya.

Perkembangan di Eropa pada abad pertengahan juga menunjukkan keterkaitan antara pengobatan dan struktur sosial masyarakat. Biara-biara menjadi pusat penyimpanan dan pengolahan obat-obatan berbasis tumbuhan, sekaligus tempat penyembuhan. Para biksu dan biarawati belajar mengenali tanaman

obat, cara meramunya, dan mengarsipkan informasi tersebut dalam naskah. Aktivitas ini kemudian menjadi cikal bakal terbentuknya profesi farmasis dan apoteker modern.

Perubahan besar terjadi saat konsep isolasi bahan aktif mulai dikenal luas. Ini ditandai dengan kemampuan manusia untuk mengekstraksi zat tertentu dari tanaman, seperti morfin dari opium atau salisin dari kulit pohon willow. Pengetahuan ini membuka peluang untuk memahami lebih jauh efek fisiologis dari senyawa kimia. Selain itu, perdagangan global pada era penjelajahan memperkenalkan berbagai bahan baru ke Eropa dan dunia Barat, memperkaya ragam bahan yang bisa digunakan untuk pengobatan (Sneider, 2005).

Meski demikian, warisan dari masa lalu tetap bertahan. Banyak obat modern yang berasal dari tanaman dan formulasi tradisional. Aspirin, misalnya, terinspirasi dari *salix alba* yang sejak lama digunakan untuk meredakan nyeri. Obat kanker seperti vinblastine dan vincristine berasal dari *Catharanthus roseus*, tanaman yang dikenal dalam pengobatan tradisional Madagaskar. Hal ini menunjukkan bahwa warisan nenek moyang terus menjadi sumber inspirasi dan fondasi penting dalam pengembangan terapi masa kini (Rates, 2001).

## **1.2 Era Farmasi Modern Awal**

Perjalanan dunia farmasi mengalami perubahan besar ketika ilmu kimia dan biologi mulai berkembang pesat pada abad ke-18 dan

ke-19. Transformasi ini tidak hanya mengubah cara manusia memahami kesehatan dan penyakit, tetapi juga menggeser peran obat-obatan dari ramuan tradisional menjadi zat dengan struktur dan mekanisme yang dapat dijelaskan secara ilmiah. Di era ini, dunia mulai mengenal zat aktif yang diisolasi dari tanaman atau organisme lain dan selanjutnya dimurnikan untuk tujuan terapeutik. Penemuan-penemuan tersebut membuka peluang baru dalam pengobatan berbagai penyakit yang sebelumnya sulit ditangani secara efektif.

### **1.2.1 Penemuan Senyawa Aktif dan Isolasi**

Salah satu tonggak penting dalam sejarah farmasi adalah keberhasilan dalam mengisolasi morfin dari opium oleh Friedrich Sertürner pada awal abad ke-19. Morfin merupakan alkaloid pertama yang berhasil dipisahkan dari tanaman *Papaver somniferum*, dan penemuan ini membuktikan bahwa suatu bahan alami dapat mengandung senyawa dengan aktivitas biologis tinggi. Keberhasilan ini mendorong para ahli kimia lainnya untuk meneliti senyawa aktif dari tanaman obat lain.

Selain morfin, senyawa seperti kinin dari kulit kayu *Cinchona* dan digitalis dari daun *Digitalis purpurea* juga menjadi perhatian besar. Keduanya menunjukkan efek terapeutik spesifik yang dapat diukur dan diamati, suatu hal yang dianggap revolusioner pada zamannya (Sneader, 2005). Hal ini menjadikan tumbuhan tidak lagi sekadar dianggap sumber ramuan tradisional, melainkan sebagai sumber kimia yang kaya dan kompleks.

### **1.2.2 Peralihan ke Sintesis Obat**

Meskipun penemuan awal masih berakar pada bahan alami, era modern membawa pemahaman baru tentang struktur molekul dan reaksi kimia. Hal ini memungkinkan sintesis senyawa yang menyerupai bahan aktif alami, bahkan kadang lebih unggul dalam stabilitas dan efisiensi. Salah satu contoh penting adalah aspirin, yang dikembangkan dari asam salisilat yang sebelumnya diperoleh dari kulit pohon willow (*Salix alba*). Melalui sintesis kimia, asam salisilat diubah menjadi *acetylsalicylic acid* yang lebih aman untuk saluran pencernaan. Aspirin kemudian menjadi salah satu obat paling banyak digunakan di seluruh dunia (Vane & Botting, 2003).

Sintesis obat tidak hanya memperluas ketersediaan obat-obatan tetapi juga memungkinkan modifikasi struktur kimia untuk meningkatkan efektivitas dan mengurangi efek samping. Dengan pendekatan ini, lahirlah berbagai kelas obat modern seperti antipiretik, analgetik, antibiotik, dan antihipertensi yang hingga kini masih digunakan dalam praktik medis.

### **1.2.3 Penemuan Penisilin dan Awal Era Antibiotik**

Penemuan penisilin oleh Alexander Fleming pada tahun 1928 merupakan tonggak penting yang menandai awal dari era antibiotik. Meskipun jamur *Penicillium notatum* telah dikenal sebelumnya, baru pada masa ini diketahui bahwa jamur tersebut mampu menghasilkan zat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri tertentu. Penemuan ini memicu gelombang eksplorasi terhadap mikroorganisme sebagai sumber obat baru.

Penisilin menjadi simbol perubahan besar dalam dunia pengobatan karena kemampuannya mengobati infeksi yang sebelumnya mematikan, seperti pneumonia, sifilis, dan sepsis. Dengan produksi massal yang dimulai pada awal 1940-an, penisilin menjadi pionir dalam pengembangan berbagai antibiotik lain yang hingga kini menjadi fondasi dalam penanganan infeksi (Lax, 2004).

#### **1.2.4 Dampak Sosial dan Global**

Kemajuan dalam sintesis dan produksi obat-obatan modern tidak hanya berdampak pada dunia medis, tetapi juga memberikan pengaruh besar terhadap kebijakan kesehatan masyarakat dan kehidupan sosial. Obat-obatan kini tidak lagi eksklusif bagi kalangan tertentu, melainkan menjadi komoditas strategis dalam menjaga ketahanan kesehatan suatu bangsa. Selain itu, akses terhadap obat generik hasil sintesis turut mendukung pemerataan layanan kesehatan di berbagai wilayah, termasuk negara-negara berkembang.

Perkembangan ini juga mengubah struktur industri farmasi, yang mulai berkembang menjadi sistem produksi massal dengan standar mutu tinggi. Sertifikasi, uji keamanan, dan regulasi menjadi bagian penting dari proses produksi obat. Dengan demikian, dunia menyaksikan transisi besar dari tradisi empiris menuju sistem produksi berbasis teknologi dan *quality control* yang ketat.

## 1.3 Bioteknologi dan Terapi Target

Kemajuan teknologi pada abad ke-20 dan ke-21 telah mengubah arah dunia medis secara drastis. Salah satu pilar utama transformasi ini adalah bioteknologi, yang menggabungkan prinsip biologi molekuler dengan teknologi canggih untuk menciptakan solusi terapeutik baru. Salah satu terobosan penting dari bidang ini adalah kemampuan untuk memproduksi zat bioaktif secara efisien dan bersih melalui *rekayasa genetika*. Teknologi ini memanfaatkan manipulasi *DNA* untuk menghasilkan senyawa yang sebelumnya hanya bisa diperoleh dari sumber alam dalam jumlah terbatas. Contoh awal yang mencolok adalah insulin rekombinan, yang sejak dekade 1980-an menggantikan insulin hewani sebagai terapi standar bagi penderita diabetes.

Produksi insulin rekombinan melibatkan penyisipan gen pengkode insulin manusia ke dalam *Escherichia coli*, yang kemudian diberi medium khusus agar bisa memproduksi insulin dalam jumlah besar. Proses ini tidak hanya mengurangi risiko reaksi imunologis yang umum terjadi pada insulin hewani, tetapi juga memungkinkan skala produksi yang jauh lebih luas dan berkelanjutan (Walsh, 2018). Selain insulin, berbagai produk terapi lain seperti hormon pertumbuhan, faktor koagulasi, hingga *interferon* juga telah berhasil dikembangkan dengan teknologi serupa.

### **1.3.1 Evolusi Terapi Target**

Selain pengembangan produk rekombinan, bioteknologi juga membuka jalan bagi munculnya terapi yang secara spesifik menasar molekul atau jalur biologis tertentu dalam tubuh manusia. Pendekatan ini dikenal sebagai terapi target (*targeted therapy*), yang berbeda dari pengobatan konvensional yang cenderung menyerang seluruh sistem tubuh secara menyeluruh. Terapi target dirancang untuk mengenali dan mengikat struktur molekul spesifik, seperti protein reseptor atau enzim yang berperan dalam patogenesis suatu penyakit, terutama kanker.

Dalam pengobatan kanker, terapi target digunakan untuk menghambat jalur sinyal yang abnormal akibat mutasi genetik. Misalnya, pada kanker payudara dengan ekspresi berlebih dari protein HER2, digunakan antibodi monoklonal *trastuzumab* untuk memblokir aktivitas protein tersebut dan menghentikan proliferasi sel tumor (Modjtahedi et al., 2012). Cara kerja yang selektif ini menghasilkan efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan kemoterapi tradisional dan memperkecil risiko merusak sel-sel sehat. Tidak hanya itu, terapi semacam ini juga memungkinkan personalisasi pengobatan, menyesuaikan terapi dengan profil genetik masing-masing pasien.

### **1.3.2 Kontribusi Vaksin mRNA dalam Terapi Modern**

Salah satu pencapaian paling fenomenal dalam bioteknologi modern adalah pengembangan vaksin berbasis *messenger RNA* (*mRNA*), seperti yang digunakan dalam vaksin COVID-19. Teknologi ini mengandalkan pengiriman potongan *mRNA* sintesis

yang mengkode protein virus tertentu ke dalam sel tubuh manusia. Selanjutnya, sel tubuh akan membaca informasi tersebut dan memproduksi protein virus secara lokal, yang akan dikenali oleh sistem imun sebagai ancaman dan memicu terbentuknya respons imun protektif (Pardi et al., 2018).

Keunggulan vaksin *mRNA* tidak hanya pada kecepatannya dalam dikembangkan, tetapi juga pada fleksibilitasnya untuk dimodifikasi sesuai mutasi virus yang terjadi. Teknologi ini telah membuka peluang luas bagi pengembangan vaksin terhadap berbagai penyakit lain seperti HIV, malaria, hingga kanker. Dengan kemampuan memproduksi protein antigen secara endogen, vaksin *mRNA* memberikan prospek baru bagi terapi imunologis yang lebih adaptif dan personal.

### **1.3.3 Prospek dan Tantangan Etis**

Meskipun menawarkan banyak kemajuan, penerapan bioteknologi dalam terapi medis juga menimbulkan sejumlah tantangan. Salah satunya adalah isu keamanan jangka panjang dari terapi yang sangat spesifik ini, terutama karena banyak produk terapi target masih tergolong baru. Di samping itu, ada pula kekhawatiran mengenai akses dan keadilan distribusi. Teknologi canggih cenderung mahal, dan ini dapat memperlebar kesenjangan antara kelompok masyarakat yang memiliki akses terhadap layanan kesehatan mutakhir dan mereka yang tidak.

Pertimbangan etis lain muncul dari aspek modifikasi genetik, baik pada organisme mikro maupun sel manusia. Beberapa pihak menyoroti bahwa penggunaan teknologi seperti *CRISPR-Cas9*, yang

memungkinkan perubahan langsung pada urutan genetik, bisa menimbulkan dilema moral apabila tidak diatur secara ketat. Oleh karena itu, pengawasan ketat serta keterlibatan berbagai pihak dari komunitas ilmiah, hukum, dan masyarakat sipil sangat penting untuk memastikan bahwa perkembangan bioteknologi tetap berada dalam koridor nilai kemanusiaan yang universal (Nuffield Council on Bioethics, 2018).

Bioteknologi telah melampaui batas-batas pengobatan tradisional dan membuka lembaran baru dalam terapi penyakit. Dengan tetap memperhatikan aspek keselamatan, pemerataan akses, serta nilai-nilai etika, teknologi ini memiliki potensi besar dalam membentuk masa depan dunia medis.

## **1.4 Farmakogenomik dan Terapi Presisi**

Dalam beberapa dekade terakhir, perkembangan teknologi di bidang biomedis telah membuka peluang besar untuk memahami bagaimana faktor genetik memengaruhi respons tubuh terhadap berbagai jenis obat. Cabang ilmu yang dikenal sebagai *pharmacogenomics* menjadi fondasi penting bagi pergeseran paradigma dalam dunia pengobatan. Alih-alih memberikan terapi secara seragam kepada seluruh populasi, kini muncul gagasan bahwa terapi dapat disesuaikan secara individual, sesuai dengan komposisi genetik masing-masing orang.

Prinsip utama dari *pharmacogenomics* adalah bahwa variasi genetik antarpasien dapat memengaruhi efektivitas maupun potensi

efek samping suatu obat. Misalnya, seseorang yang memiliki variasi tertentu dalam enzim *cytochrome P450* mungkin akan memetabolisme obat lebih cepat atau lebih lambat dibanding individu lain. Hal ini menyebabkan dosis standar yang diberikan kepada pasien tersebut bisa jadi tidak memberikan efek terapeutik yang diharapkan, atau justru menimbulkan toksisitas. Dengan mengenali variasi tersebut sebelumnya, tenaga kesehatan dapat menyesuaikan dosis atau bahkan mengganti obat yang digunakan agar sesuai dengan kebutuhan biologis pasien (Relling & Evans, 2015).

Konsep ini menjadi dasar dari lahirnya *precision medicine* atau terapi presisi, yang bertujuan memberikan pengobatan yang paling sesuai berdasarkan karakteristik biologis, gaya hidup, dan lingkungan pasien. Dalam praktiknya, terapi presisi tidak hanya mencakup faktor genetik, tetapi *pharmacogenomics* menjadi komponen kunci karena berkaitan langsung dengan bagaimana tubuh merespons obat-obatan. Misalnya, pasien dengan leukemia mieloid kronis dapat menjalani pengujian genetik untuk mengetahui adanya mutasi pada gen *BCR-ABL*, sehingga terapi dapat diarahkan pada penggunaan obat seperti *imatinib* yang secara spesifik menargetkan mutasi tersebut (Collins & Varmus, 2015).

Di bidang onkologi, *pharmacogenomics* telah memberikan dampak nyata. Obat-obatan yang dulunya diberikan kepada semua pasien kanker dengan tipe yang sama, kini hanya diberikan kepada mereka yang memiliki profil genetik tertentu. Pendekatan ini terbukti meningkatkan efektivitas terapi sekaligus menurunkan

risiko efek samping. Selain kanker, bidang lain seperti psikiatri, kardiologi, dan penyakit infeksi juga mulai mengadopsi prinsip serupa. Sebagai contoh, pada pasien dengan gangguan depresi mayor, variasi genetik pada transporter serotonin dapat memengaruhi respons terhadap *selective serotonin reuptake inhibitors (SSRIs)*, sehingga membantu dalam memilih terapi yang lebih efektif sejak awal (Phillips et al., 2001).

Namun demikian, masih terdapat tantangan dalam implementasi *pharmacogenomics* secara luas. Salah satunya adalah ketersediaan fasilitas untuk melakukan uji genetik yang akurat dan terjangkau. Di banyak negara berkembang, pemeriksaan semacam ini masih dianggap mahal dan belum menjadi bagian rutin dari pelayanan medis. Selain itu, tenaga kesehatan perlu dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan yang memadai untuk menafsirkan hasil uji genetik dan mengintegrasikannya ke dalam proses pengambilan keputusan terapeutik.

Di sisi lain, tantangan etika dan privasi juga menjadi perhatian. Informasi genetik bersifat sangat pribadi dan memiliki implikasi jangka panjang bagi individu. Oleh karena itu, penyimpanan dan penggunaan data genetik harus dilakukan secara hati-hati, dengan menjunjung tinggi prinsip kerahasiaan dan otonomi pasien.

Meskipun masih dalam proses pengembangan di banyak tempat, arah ke depan jelas menunjukkan bahwa *pharmacogenomics* akan menjadi bagian integral dari layanan kesehatan masa depan. Pemanfaatan teknologi *next-generation sequencing* memungkinkan

analisis genom dilakukan lebih cepat dan efisien, membuka jalan bagi adopsi terapi presisi secara lebih luas. Dengan sistem pelayanan yang mendukung dan kebijakan yang memfasilitasi, personalisasi pengobatan tidak lagi menjadi sekadar wacana, melainkan kenyataan yang dapat diakses oleh masyarakat luas (Manolio et al., 2019).

## **1.5 Tantangan dan Etika dalam Farmasi Modern**

Kemajuan teknologi dalam bidang farmasi telah melampaui batas-batas konvensional, memberikan peluang besar untuk menciptakan terapi yang lebih spesifik dan efektif. Namun, transformasi ini tidak datang tanpa konsekuensi. Di balik inovasi tersebut, terdapat sejumlah tantangan kompleks, terutama yang berkaitan dengan biaya, keadilan akses, dan aspek etis penggunaan teknologi yang bersifat sangat personal seperti terapi gen dan *precision medicine*.

### **1.5.1 Biaya dan Aksesibilitas Terapi Modern**

Salah satu tantangan utama dalam dunia farmasi modern adalah tingginya biaya pengembangan terapi baru, terutama yang melibatkan teknologi berbasis genomik atau biologik. Terapi seperti *CAR-T cell therapy* dan imunoterapi telah menunjukkan efektivitas luar biasa pada penyakit seperti kanker, namun harganya bisa mencapai ratusan juta hingga miliaran rupiah per pasien. Hal ini menimbulkan pertanyaan mendasar: siapa yang bisa mengakses pengobatan ini?

Akses terhadap terapi modern sering kali terhambat oleh kesenjangan ekonomi dan sistem jaminan kesehatan yang belum sepenuhnya inklusif. Negara-negara dengan sistem kesehatan publik yang kuat mungkin dapat mengakomodasi pembiayaan terapi semacam itu, tetapi di banyak negara berkembang, pilihan tersebut nyaris tidak tersedia. Dalam konteks ini, farmasi modern dihadapkan pada dilema keadilan distribusi: bagaimana memastikan bahwa inovasi tidak hanya menguntungkan segelintir orang?

### **1.5.2 Tantangan Privasi dan Keamanan Data Genetik**

Dengan hadirnya teknologi *next-generation sequencing*, pasien kini dapat mengetahui risiko penyakit yang mereka miliki bahkan sebelum gejalanya muncul. Namun, data genetik bersifat sangat sensitif. Penyalahgunaan atau kebocoran informasi tersebut dapat berujung pada diskriminasi, baik dalam asuransi kesehatan maupun dalam lingkungan kerja.

Etika pengelolaan data menjadi aspek penting dalam farmasi modern. Data pasien bukan sekadar angka atau urutan gen, tetapi representasi identitas biologis yang paling pribadi. Oleh karena itu, perlindungan terhadap informasi ini harus menjadi prioritas utama dalam seluruh rantai layanan kesehatan yang melibatkan teknologi berbasis *genomic profiling* (Ormond et al., 2019).

Beberapa negara telah mengadopsi regulasi ketat untuk menjaga kerahasiaan data, seperti *Health Insurance Portability and Accountability Act* (HIPAA) di Amerika Serikat dan *General Data Protection Regulation* (GDPR) di Uni Eropa. Namun, penerapan regulasi semacam itu masih belum merata secara global, sehingga

membuka celah risiko di banyak sistem pelayanan kesehatan lainnya.

### **1.5.3 Etika dalam Terapi Presisi dan Keadilan Layanan**

Teknologi yang memungkinkan pengobatan disesuaikan secara individual membuka ruang baru dalam dunia medis, tetapi juga menimbulkan tantangan etis yang signifikan. Salah satu isu paling menonjol adalah potensi terjadinya ketimpangan layanan berdasarkan kemampuan ekonomi. Terapi yang dirancang secara presisi, seperti terapi berbasis *biomarker* atau intervensi berbasis *artificial intelligence*, cenderung memerlukan infrastruktur yang canggih dan biaya operasional tinggi.

Keadilan dalam layanan kesehatan tidak hanya soal siapa yang mendapat terapi, tetapi juga siapa yang dilibatkan dalam pengembangan dan siapa yang memperoleh informasi yang cukup untuk mengambil keputusan. Jika informasi hanya tersedia dalam bahasa teknis atau bersifat eksklusif, maka pasien dari kalangan tertentu dapat dirugikan secara tidak langsung.

Selain itu, pengambilan keputusan terapi presisi sering kali melibatkan pertimbangan nilai-nilai pribadi pasien, seperti preferensi terhadap risiko atau kepercayaan budaya. Oleh karena itu, proses komunikasi antara tenaga kesehatan dan pasien harus dilakukan secara transparan dan setara, agar tidak terjadi dominasi pengetahuan yang merugikan salah satu pihak (Farrow et al., 2022).

### **1.5.4 Tanggung Jawab Sosial Farmasi Modern**

Di tengah kemajuan teknologi, industri farmasi dan para profesional kesehatan memikul tanggung jawab sosial yang besar.

Tanggung jawab tersebut mencakup transparansi harga, keterbukaan dalam komunikasi risiko, serta partisipasi aktif dalam membangun sistem yang lebih adil dan manusiawi.

Farmasi modern bukan hanya tentang kecanggihan teknologi, tetapi juga tentang keberpihakan pada nilai-nilai kemanusiaan. Masyarakat berhak memperoleh pengobatan yang aman, terjangkau, dan etis. Dalam konteks inilah, semua pihak yang terlibat dalam sistem farmasi perlu terus merefleksikan konsekuensi sosial dari setiap inovasi yang dihadirkan ke publik.

## **1.6 Latihan Soal**

1. Jelaskan perbedaan antara pengobatan tradisional dan farmasi modern awal.
2. Apa yang dimaksud dengan terapi target dan sebutkan contohnya.
3. Mengapa farmakogenomik penting dalam pengembangan terapi presisi?
4. Sebutkan tantangan utama dalam penggunaan terapi presisi secara luas.
5. Bagaimana sejarah farmasi di Indonesia berkembang dari jamu ke obat modern?

# **Bab 2: Rahasia di Balik**

## **Tablet: Sains di Dunia**

### **Formulasi Obat**

---

#### **2.1 Pengenalan Formulasi Obat**

Formulasi obat merupakan tahap penting dalam dunia farmasi yang bertujuan mengubah zat aktif menjadi produk akhir yang siap dikonsumsi oleh pasien. Proses ini tidak hanya menekankan pada pencampuran komponen secara mekanis, tetapi juga mempertimbangkan kestabilan kimia, bioavailabilitas, kenyamanan penggunaan, serta efisiensi penyerapan dalam tubuh. Zat aktif, yang memiliki khasiat terapeutik, biasanya memerlukan bahan tambahan agar dapat berfungsi secara optimal. Bahan tambahan tersebut meliputi pelarut, pengisi, pengikat, penghancur, pelapis, serta pengawet, yang masing-masing memiliki peran tersendiri dalam menjaga mutu dan keamanan produk farmasi.

Setiap bentuk sediaan, seperti tablet, kapsul, salep, atau sirup, memiliki karakteristik yang berbeda dan membutuhkan perlakuan khusus dalam proses formulasi. Tablet, misalnya, harus cukup keras untuk tidak hancur selama distribusi, namun mudah larut dalam saluran cerna. Kapsul harus dapat melepaskan isinya pada waktu dan tempat yang tepat di dalam tubuh. Sirup harus

memiliki kestabilan larutan yang baik serta tidak mudah rusak oleh mikroorganisme. Pemilihan bentuk sediaan ini sangat bergantung pada sifat fisikokimia zat aktif serta kebutuhan pasien dalam mengonsumsinya (Aulton & Taylor, 2018).

Tujuan utama formulasi adalah menjamin bahwa pasien memperoleh dosis yang tepat dalam setiap unit sediaan, serta mendapatkan efek terapeutik yang diharapkan. Keakuratan dosis sangat penting terutama pada obat-obatan dengan *narrow therapeutic index*, yaitu rentang dosis efektif dan dosis toksiknya sangat sempit. Dalam kasus ini, kesalahan formulasi sekecil apa pun dapat menyebabkan kegagalan terapi atau efek samping yang serius. Oleh karena itu, kestabilan dan konsistensi antar batch produk harus dijaga dengan ketat selama proses produksi.

Efektivitas suatu sediaan farmasi juga dipengaruhi oleh kemampuan tubuh dalam menyerap zat aktif, yang dikenal dengan istilah *bioavailability*. Formulasi yang baik harus mempertimbangkan faktor-faktor seperti kelarutan zat aktif, kecepatan disintegrasi tablet, waktu hancur kapsul, serta interaksi dengan enzim atau pH dalam saluran pencernaan. Dengan demikian, formulasi tidak hanya menentukan bentuk akhir produk, tetapi juga jalur farmakokinetik yang dilalui obat setelah dikonsumsi. Sebuah formulasi yang dirancang dengan baik dapat mempercepat atau memperlambat pelepasan zat aktif, tergantung pada tujuan terapinya.

Aspek keamanan juga menjadi perhatian dalam formulasi obat. Beberapa zat aktif bersifat iritan atau pahit sehingga memerlukan pelapis atau bahan penetral rasa. Pada anak-anak,

misalnya, bentuk sediaan cair sering digunakan dengan tambahan pemanis dan perasa agar lebih mudah dikonsumsi. Sementara itu, pasien lanjut usia mungkin memerlukan sediaan yang mudah dikunyah atau larut di bawah lidah. Dengan kata lain, formulasi harus mempertimbangkan kebutuhan pasien dari berbagai kelompok usia dan kondisi fisiologis. Hal ini merupakan bagian dari prinsip *patient-centered formulation*, yaitu pengembangan produk yang mempertimbangkan kenyamanan dan kebutuhan pengguna (Jones, 2004).

Dalam proses pengembangan formulasi, diperlukan serangkaian uji mutu untuk memastikan produk memenuhi standar farmakope dan regulasi kesehatan. Beberapa parameter yang dinilai antara lain keseragaman bobot, waktu hancur, pH, viskositas, kadar bahan aktif, dan stabilitas selama penyimpanan. Uji tersebut bertujuan memastikan bahwa produk tetap aman dan efektif dalam jangka waktu tertentu, serta tidak mengalami degradasi atau kontaminasi mikrobiologis. Ketika stabilitas suatu formulasi tidak memadai, maka diperlukan penyesuaian baik dalam bahan tambahan, teknik pembuatan, maupun kemasan.

Kemasan sediaan juga tidak bisa dipisahkan dari proses formulasi. Kontak antara zat aktif dan lingkungan seperti udara, cahaya, atau kelembapan dapat mempercepat kerusakan produk. Oleh karena itu, pemilihan kemasan menjadi bagian integral dari desain formulasi, misalnya penggunaan botol kaca berwarna gelap untuk sirup fotosensitif atau kapsul keras yang tahan terhadap kelembapan untuk zat aktif yang mudah larut air. Semua keputusan

ini dibuat berdasarkan pengujian laboratorium dan pengetahuan tentang interaksi antara bahan obat dan lingkungan sekitarnya.

Seiring dengan perkembangan teknologi, formulasi obat kini telah berkembang ke arah sistem penghantaran cerdas (*smart drug delivery systems*), yang memungkinkan pelepasan zat aktif secara terkontrol, bertarget, dan lebih presisi. Inovasi seperti *nanoparticles*, *liposomes*, dan *transdermal patches* semakin memperluas cakupan terapi, terutama dalam pengobatan kanker, penyakit autoimun, dan gangguan metabolik kronis. Meski teknologi ini masih berkembang, prinsip dasarnya tetap berpijak pada formulasi: bagaimana menciptakan sediaan yang stabil, aman, dan efektif, sesuai kebutuhan pasien.

## 2.2 Komponen Utama dalam Tablet

Tablet merupakan salah satu bentuk sediaan padat yang paling banyak digunakan dalam dunia farmasi. Kemudahan dalam penggunaan, kestabilan penyimpanan, serta kemudahan dalam pengemasan menjadikan tablet sebagai pilihan utama dalam pemberian obat secara oral. Namun, sebuah tablet bukan hanya berisi zat aktif yang memiliki efek farmakologis, melainkan juga terdiri dari berbagai bahan tambahan atau *eksipien* yang berfungsi menunjang proses formulasi dan menjaga mutu produk akhir.

*Eksipien* adalah zat non-aktif yang tidak memiliki efek terapeutik langsung, tetapi memiliki fungsi penting dalam membentuk struktur tablet, mempercepat atau mengatur pelepasan

zat aktif, serta menjaga kestabilan sediaan. Pemilihan dan proporsi *eksipien* yang tepat merupakan kunci dalam menghasilkan tablet yang efektif, aman, dan dapat diterima oleh pasien.

### **2.2.1 Binder (Pengikat)**

*Binder* berfungsi untuk menyatukan partikel-partikel serbuk selama proses granulasi sehingga tablet tidak mudah hancur atau terurai sebelum waktunya. Pengikat memberikan kekuatan mekanis pada tablet dan memastikan bahwa tablet tetap utuh selama proses pengemasan dan penyimpanan. Contoh bahan pengikat yang sering digunakan antara lain larutan pati, gelatin, povidone (*polyvinylpyrrolidone*), dan *hydroxypropyl methylcellulose* (*HPMC*).

Tanpa bahan pengikat yang memadai, tablet cenderung rapuh dan mudah hancur sebelum dikonsumsi. Sebaliknya, penggunaan *binder* yang berlebihan dapat menyebabkan tablet terlalu keras dan lambat terurai dalam saluran cerna (Alderborn, 2002).

### **2.2.2 Diluent (Pengisi)**

Zat pengisi digunakan untuk menambah volume tablet sehingga ukuran dan beratnya sesuai untuk proses penanganan, pencetakan, dan konsumsi. Hal ini penting terutama untuk zat aktif yang dosisnya sangat kecil, karena tidak memungkinkan untuk dibentuk menjadi tablet yang stabil secara fisik tanpa bahan tambahan.

Beberapa contoh *diluent* adalah laktosa, selulosa mikrokristalin, pati, dan kalsium fosfat dibasa. Pemilihan zat pengisi

bergantung pada sifat fisik dan kimia zat aktif, seperti kelarutan, kompatibilitas, dan kestabilan.

### **2.2.3 Disintegrant (Pemecah)**

Setelah dikonsumsi, tablet harus hancur terlebih dahulu di dalam saluran pencernaan agar zat aktifnya dapat terlarut dan diserap oleh tubuh. Untuk itu, diperlukan *disintegrant* yang membantu tablet terpecah menjadi partikel-partikel kecil dalam waktu singkat setelah bersentuhan dengan cairan tubuh.

Contoh *disintegrant* yang umum digunakan adalah pati, sodium starch glycolate, *croscarmellose sodium*, dan *crospovidone*. Komponen ini menyerap air dan mengembang, sehingga mendorong struktur tablet pecah dari dalam (Rao et al., 2007). Tanpa pemecah yang baik, zat aktif mungkin tidak tersedia secara hayati karena tidak sempat terlarut dengan optimal.

### **2.2.4 Lubricant dan Glidant**

Proses pembuatan tablet melibatkan tekanan tinggi selama proses pencetakan. Untuk mencegah tablet menempel pada cetakan dan alat cetak, digunakan *lubricant* atau pelicin. Zat ini juga mengurangi gesekan antarselama proses kompresi.

Salah satu pelicin yang paling umum adalah *magnesium stearate*. Namun, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan lapisan hidrofobik yang memperlambat disintegrasi tablet. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan dalam formulasi.

Selain pelicin, *glidant* ditambahkan untuk meningkatkan aliran serbuk selama proses pencampuran dan pengisian mesin

cetak. Contohnya adalah *colloidal silicon dioxide*, yang membantu partikel serbuk bergerak lebih lancar.

### 2.2.5 Coating Agent (Pelapis)

Pada beberapa jenis tablet, seperti *film-coated* atau *enteric-coated* tablets, ditambahkan bahan pelapis untuk melindungi zat aktif dari degradasi oleh cahaya atau asam lambung, serta untuk mengontrol tempat dan kecepatan pelepasan obat. Pelapis juga digunakan untuk memperbaiki rasa, warna, dan penampilan produk.

Bahan pelapis dapat berupa *HPMC*, etil selulosa, atau *methacrylic acid copolymer*. Teknik pelapisan yang tepat membantu meningkatkan kepatuhan pasien terhadap pengobatan, terutama pada obat-obatan dengan rasa pahit atau aroma yang menyengat.

## 2.3 Proses Pembuatan Tablet

Tablet merupakan salah satu bentuk sediaan padat yang paling umum digunakan dalam bidang farmasi. Popularitasnya disebabkan oleh kemudahan penggunaan, kestabilan fisik, serta kemampuannya untuk membawa zat aktif dalam dosis yang presisi. Meskipun tampak sederhana, proses pembuatan tablet melibatkan serangkaian tahap kompleks yang memerlukan pengawasan ketat agar setiap unit yang dihasilkan memiliki mutu yang konsisten dan aman dikonsumsi.

Tahapan pertama dalam pembuatan tablet adalah **pencampuran** bahan. Di tahap ini, zat aktif dicampur dengan berbagai eksipien seperti *diluent*, *binder*, *disintegrant*, dan *lubricant*.

Masing-masing bahan memiliki fungsi khusus, seperti memperbesar volume tablet, membantu penyatuan partikel, memudahkan penghancuran tablet dalam tubuh, serta mengurangi gesekan selama proses pencetakan. Homogenitas pencampuran sangat penting karena akan memengaruhi keseragaman kandungan zat aktif dalam tiap tablet.

Langkah selanjutnya adalah **granulasi**, yaitu proses pembentukan partikel yang lebih besar dari campuran serbuk agar menghasilkan aliran yang lebih baik saat pencetakan. Granulasi dapat dilakukan secara *basah* maupun *kering*, tergantung pada sifat zat aktif dan eksipien yang digunakan. Pada granulasi basah, cairan pengikat ditambahkan untuk membentuk massa lembap yang kemudian diayak membentuk granula. Sebaliknya, pada granulasi kering, bahan ditekan menjadi *slug* atau *compact* terlebih dahulu, kemudian dihancurkan kembali menjadi partikel yang seragam (Alderborn & Nystrom, 2021).

Setelah terbentuk, granula perlu melalui tahap **pengeringan** untuk mengurangi kadar air hingga tingkat yang aman. Kelembaban berlebih dapat menyebabkan pertumbuhan mikroba, degradasi kimia, atau gangguan stabilitas tablet. Proses pengeringan umumnya dilakukan menggunakan *tray dryer*, *fluid bed dryer*, atau *vacuum oven*, tergantung pada skala produksi dan sifat material.

Granula kering kemudian disaring untuk memastikan ukuran partikel yang seragam sebelum memasuki tahap **pencetakan**. Pada tahap ini, granula dimasukkan ke dalam mesin tablet (*tablet press*) yang menggunakan tekanan tinggi untuk membentuk tablet sesuai

bentuk dan ukuran yang diinginkan. Parameter penting seperti kekerasan, waktu hancur, dan bobot tablet dikontrol secara ketat untuk menjamin keseragaman antar tablet.

Beberapa tablet, khususnya yang mengandung zat aktif pahit atau sensitif terhadap lingkungan, kemudian melewati proses **pelapisan**. Pelapisan bertujuan untuk memperbaiki rasa, meningkatkan stabilitas, atau mengontrol pelepasan zat aktif dalam tubuh. Jenis pelapis bisa berupa *film coating* tipis berbahan polimer atau *sugar coating* yang lebih tebal. Teknologi pelapisan modern menggunakan *pan coater* atau *fluidized bed coater* untuk memastikan distribusi pelapis yang merata dan efisien (Felton, 2016).

Seluruh proses produksi tablet tidak terlepas dari sistem **kontrol kualitas** yang ketat. Pemeriksaan dilakukan mulai dari bahan baku, selama proses produksi, hingga produk akhir. Beberapa parameter yang diawasi meliputi berat rata-rata, kekerasan tablet, waktu hancur, kadar zat aktif, dan ketahanan terhadap gesekan. Uji stabilitas juga dilakukan untuk memastikan bahwa tablet tetap efektif dan aman hingga akhir masa simpannya. Setiap penyimpangan dari spesifikasi dapat menyebabkan produk ditarik kembali atau ditolak sebelum distribusi.

Perkembangan teknologi telah mendorong inovasi dalam proses pembuatan tablet. Mesin-mesin otomatis kini mampu memproduksi ratusan ribu tablet per jam dengan konsistensi tinggi. Selain itu, teknologi *process analytical technology* (PAT) memungkinkan pemantauan real-time terhadap variabel kritis proses

sehingga kualitas dapat dijaga sejak awal produksi. Inovasi seperti *continuous manufacturing* bahkan mengintegrasikan seluruh proses dari pencampuran hingga pengemasan dalam satu lini produksi yang berkelanjutan dan lebih efisien (FDA, 2020).

Proses pembuatan tablet bukan hanya soal pencetakan serbuk menjadi bentuk padat, melainkan rangkaian kegiatan presisi tinggi yang menjamin kualitas, keamanan, dan efektivitas sediaan obat. Kegagalan dalam satu tahap saja dapat memengaruhi integritas produk secara keseluruhan. Oleh karena itu, keterlibatan tenaga ahli dan penerapan sistem manajemen mutu yang baik menjadi syarat utama dalam setiap fasilitas produksi farmasi.

## **2.4 Inovasi dalam Teknologi Formulasi**

Perkembangan teknologi formulasi dalam bidang farmasi telah membuka jalan bagi penciptaan sediaan obat yang lebih efektif, nyaman digunakan, dan mampu meningkatkan kualitas hidup pasien. Inovasi dalam bentuk dan cara penghantaran zat aktif tidak lagi semata-mata fokus pada efektivitas terapeutik, melainkan juga memperhatikan aspek kemudahan penggunaan, kestabilan zat aktif, serta kepatuhan pasien terhadap pengobatan.

Teknologi formulasi modern memungkinkan obat bekerja secara lebih terkontrol, menargetkan lokasi kerja yang spesifik, dan mempertahankan konsentrasi terapeutik dalam plasma untuk jangka waktu yang lebih lama. Hal ini penting, terutama dalam pengobatan

penyakit kronis atau kondisi yang membutuhkan kepatuhan terapi dalam jangka panjang.

#### **2.4.1 Tablet Lepas Lambat (*Sustained-Release*)**

Salah satu bentuk inovatif yang paling banyak digunakan saat ini adalah tablet lepas lambat atau *sustained-release tablet*. Formulasi ini dirancang agar zat aktif dilepaskan secara bertahap ke dalam tubuh dalam periode waktu tertentu, sehingga memperpanjang efek terapeutik dan mengurangi frekuensi penggunaan. Dengan demikian, pasien tidak perlu mengonsumsi obat terlalu sering, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kepatuhan terhadap terapi (Chien, 1992).

Teknologi ini sangat bermanfaat dalam pengobatan penyakit seperti hipertensi, diabetes, dan nyeri kronis, di mana kontrol gejala dalam jangka waktu lama menjadi tujuan utama. Pelepasan bertahap juga membantu menjaga kadar obat dalam darah tetap stabil, sehingga mengurangi risiko efek samping akibat lonjakan konsentrasi obat.

#### **2.4.2 Tablet Cepat Hancur (*Orodispersible Tablet*)**

Teknologi tablet cepat hancur atau *orodispersible tablet* (ODT) menjadi solusi bagi kelompok pasien tertentu, seperti anak-anak, lansia, atau individu dengan kesulitan menelan. Tablet ini dapat larut atau hancur dengan cepat di rongga mulut tanpa memerlukan air, sehingga mempermudah proses pemberian obat dalam kondisi darurat atau saat tidak tersedia air minum.

Kelebihan lain dari ODT adalah rasa yang dapat ditingkatkan melalui teknologi pemanis dan perisa, menjadikannya lebih mudah

diterima oleh pasien. Selain itu, karena diserap sebagian melalui mukosa mulut, waktu awal kerja obat dapat lebih cepat dibanding tablet biasa. Teknologi ini telah digunakan dalam sediaan antihistamin, analgesik, hingga antipsikotik, dan terbukti meningkatkan kenyamanan penggunaan (Fu et al., 2004).

#### **2.4.3 Sistem Penghantaran Obat Berbasis Nanopartikel**

Perkembangan paling mutakhir dalam formulasi farmasi adalah sistem penghantaran obat berbasis *nanopartikel*. Dengan ukuran partikel yang sangat kecil (1–100 nanometer), teknologi ini memungkinkan obat menembus hambatan biologis yang sebelumnya sulit dilewati, seperti *blood-brain barrier* atau penghalang enzimatik di saluran pencernaan.

Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya meningkatkan bioavailabilitas zat aktif, memperpanjang waktu paruh dalam tubuh, serta memberikan efek terapeutik yang lebih tepat sasaran. Teknologi *nanocarrier*, seperti *liposome*, *solid lipid nanoparticles*, dan *polymeric nanoparticles*, saat ini sedang dieksplorasi luas dalam bidang onkologi, infeksi, dan gangguan neurologis (Mishra et al., 2018).

Dalam pengobatan kanker, misalnya, nanopartikel dapat membawa zat aktif langsung ke sel tumor dengan meminimalkan kerusakan pada jaringan sehat. Teknologi ini disebut sebagai *targeted drug delivery*, yang menjadi harapan besar dalam menciptakan terapi yang lebih efektif dan aman.

#### **2.4.4 Dampak terhadap Kepatuhan dan Efikasi**

Semua inovasi formulasi ini pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan hasil terapi. Dengan memberikan pilihan sediaan yang lebih praktis, lebih nyaman, dan lebih sesuai dengan kebutuhan klinis pasien, maka tingkat kepatuhan terhadap regimen terapi juga dapat meningkat secara signifikan. Kepatuhan yang baik berkorelasi langsung dengan efektivitas terapi, terutama pada penyakit-penyakit kronis yang memerlukan pengobatan jangka panjang.

Selain itu, teknologi formulasi modern juga memungkinkan pengurangan dosis total harian dan minimalisasi efek samping. Ini penting untuk menjaga kualitas hidup pasien selama menjalani pengobatan, sekaligus menekan risiko resistensi terhadap terapi.

### **2.5 Tantangan dalam Formulasi Tablet**

Tablet merupakan salah satu bentuk sediaan padat yang paling umum digunakan dalam dunia farmasi. Bentuk ini memiliki keunggulan dalam hal stabilitas, kemudahan konsumsi, serta efisiensi distribusi dan penyimpanan. Namun, di balik kemudahan penggunaannya, formulasi tablet menghadirkan serangkaian tantangan teknis dan ilmiah yang kompleks. Proses formulasi tidak hanya menekankan pada kandungan zat aktif, tetapi juga pada kestabilan, keseragaman, dan kemampuan produksi dalam skala besar.

### **2.5.1 Ketidakstabilan Zat Aktif**

Salah satu tantangan utama dalam merancang tablet adalah kestabilan kimia dari zat aktif. Beberapa bahan obat sangat sensitif terhadap cahaya, panas, kelembapan, atau oksigen. Ketika zat aktif mengalami degradasi, efektivitas terapi dapat menurun dan bahkan menimbulkan produk sampingan yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, diperlukan perlindungan melalui pemilihan eksipien yang tepat dan sistem pelapisan seperti *film coating* atau *enteric coating* yang mampu melindungi zat aktif dari lingkungan luar (Allen et al., 2021).

Ketidakstabilan juga dapat terjadi selama penyimpanan jika kemasan tidak memadai. Oleh karena itu, formulasi harus mempertimbangkan tidak hanya bahan aktif, tetapi juga interaksinya dengan bahan pelindung, kemasan, dan kondisi penyimpanan di seluruh rantai distribusi.

### **2.5.2 Interaksi Antar Bahan dalam Tablet**

Dalam satu tablet, terdapat berbagai jenis bahan tambahan (*excipients*) seperti pengisi, pengikat, pelicin, dan disintegran. Interaksi antara bahan-bahan ini dapat memengaruhi karakteristik fisik tablet, seperti kekerasan, waktu hancur, dan laju pelepasan obat. Beberapa kombinasi bahan dapat menghasilkan reaksi kimia yang tidak diinginkan, seperti pembentukan zat baru yang menurunkan stabilitas atau bioavailabilitas sediaan.

Misalnya, interaksi antara zat aktif yang bersifat asam dengan eksipien basa dapat mempercepat degradasi. Selain itu, beberapa eksipien bersifat higroskopis, yang dapat menyebabkan tablet mudah lembab dan menggumpal. Oleh karena itu, pengujian

kompatibilitas antar bahan menjadi proses penting dalam tahap awal formulasi.

Kompleksitas juga meningkat ketika tablet dirancang sebagai *modified release formulation*, di mana pelepasan zat aktif harus dikendalikan dalam jangka waktu tertentu. Dalam kasus ini, diperlukan matriks atau polimer khusus yang kompatibel dengan bahan aktif dan eksipien lain, tanpa mengubah struktur atau aktivitas farmakologisnya.

### **2.5.3 Skalabilitas Produksi dan Reproduksiabilitas**

Formulasi tablet yang ideal di laboratorium belum tentu dapat diproduksi dalam skala besar dengan hasil yang konsisten. Transisi dari skala kecil ke produksi industri membutuhkan penyesuaian signifikan dalam parameter proses seperti tekanan penekanan, waktu pencampuran, dan kelembaban lingkungan. Kegagalan dalam pengendalian parameter ini dapat menyebabkan tablet yang rapuh, tidak homogen, atau memiliki laju disolusi yang tidak sesuai.

Produksi massal juga menuntut kestabilan dalam rantai pasok bahan baku. Ketersediaan bahan dengan kualitas konsisten menjadi tantangan tersendiri, terutama jika produsen bergantung pada sumber luar negeri. Selain itu, regulasi internasional mewajibkan dokumentasi lengkap dan ketat atas setiap proses formulasi dan produksi untuk menjamin keamanan dan kualitas produk akhir (EMA, 2019).

Teknologi *process analytical technology* (PAT) kini mulai banyak diterapkan untuk mengoptimalkan proses produksi tablet

secara real-time. Dengan sensor dan analisis data digital, produsen dapat memantau kualitas tablet selama proses berlangsung dan melakukan penyesuaian segera jika ditemukan ketidaksesuaian (Lionberger et al., 2008).

#### **2.5.4 Faktor Ergonomis dan Kepatuhan Pasien**

Tablet yang ideal tidak hanya harus efektif dari sisi farmakokinetik, tetapi juga praktis dan nyaman bagi pengguna. Ukuran, bentuk, warna, serta kemampuan larut dalam mulut menjadi faktor penting dalam kepatuhan pasien terhadap terapi. Tablet yang terlalu besar atau pahit dapat menyebabkan pasien enggan mengonsumsinya, terutama pada anak-anak dan lanjut usia.

Oleh karena itu, dalam proses formulasi, perlu diperhatikan faktor-faktor ergonomis ini dengan melibatkan masukan dari pengguna. Pengembangan *orodispersible tablet* atau tablet larut dalam mulut, misalnya, merupakan salah satu inovasi untuk meningkatkan kenyamanan pengguna tanpa mengorbankan efektivitas terapi.

## **2.6 Latihan Soal**

1. Apa tujuan dari proses formulasi obat?
2. Sebutkan empat eksipien utama dalam tablet dan fungsinya.
3. Jelaskan secara singkat tahapan pembuatan tablet.
4. Apa keunggulan teknologi sustained-release dalam formulasi tablet?
5. Sebutkan dua tantangan utama dalam proses formulasi obat.

# Bab 3: Obat & Genetik:

## Menuju Era

### Farmakogenomik

---

#### 3.1 Pengertian Farmakogenomik

Dalam dunia medis modern, pendekatan terhadap pengobatan telah mengalami transformasi besar seiring kemajuan teknologi dan pemahaman mendalam tentang biologi molekuler manusia. Salah satu bidang yang mengalami perkembangan pesat adalah *farmakogenomik*. Istilah ini berasal dari gabungan kata *farmakologi* dan *genomik*, yang merujuk pada ilmu yang mempelajari bagaimana variasi genetik seseorang memengaruhi respons terhadap obat-obatan. Tujuannya adalah untuk mencapai pengobatan yang lebih presisi dan sesuai dengan kondisi biologis unik setiap individu.

Selama bertahun-tahun, praktik pengobatan konvensional umumnya menggunakan pendekatan seragam, yakni satu jenis obat untuk sebagian besar pasien dengan kondisi serupa. Namun kenyataannya, tidak semua orang merespons obat dengan cara yang sama. Sebagian pasien merasakan manfaat besar, sebagian lain tidak merasakan efek apa pun, dan beberapa justru mengalami efek samping serius. Perbedaan ini sebagian besar dapat dijelaskan

melalui keragaman genetik yang memengaruhi bagaimana tubuh menyerap, mendistribusikan, memetabolisme, dan mengeluarkan obat.

*Farmakogenomik* hadir untuk menjawab tantangan tersebut. Dengan memahami profil genetik seseorang—khususnya gen yang terlibat dalam metabolisme obat seperti *CYP450*, *TPMT*, atau *UGT1A1*—tenaga medis dapat menentukan jenis obat dan dosis yang paling sesuai untuk pasien. Ini berarti terapi yang diberikan bukan hanya berdasarkan diagnosis penyakit, tetapi juga memperhitungkan bagaimana tubuh pasien akan merespons pengobatan tersebut secara biologis. Pendekatan ini dikenal dengan istilah *personalized medicine*, yaitu pengobatan yang disesuaikan secara individual berdasarkan faktor biologis termasuk informasi genetik (Relling & Evans, 2015).

Manfaat utama dari *farmakogenomik* terletak pada peningkatan efektivitas terapi dan pengurangan risiko efek samping. Misalnya, seseorang yang memiliki mutasi tertentu pada gen *CYP2C19* mungkin tidak dapat memetabolisme obat pengencer darah seperti klopidoogrel secara optimal. Tanpa informasi ini, pasien tersebut berisiko mengalami kejadian kardiovaskular yang bisa dicegah. Dengan mengetahui status genetiknya, dokter dapat memilih alternatif terapi yang lebih efektif. Demikian pula, pengujian genetik sebelum pemberian kemoterapi tertentu dapat membantu meminimalkan toksisitas yang mengancam jiwa (Johnson, 2021).

Penerapan *farmakogenomik* tidak hanya memberi dampak positif bagi pasien secara individual, tetapi juga memiliki implikasi besar terhadap sistem layanan kesehatan. Dengan pengobatan yang lebih tepat sasaran, biaya akibat pengobatan yang gagal atau perawatan karena efek samping berat dapat ditekan secara signifikan. Selain itu, penggunaan data genetik yang terintegrasi dalam rekam medis elektronik dapat membantu tenaga medis dalam mengambil keputusan lebih cepat dan tepat, terutama dalam kondisi kritis atau darurat.

Meski potensinya sangat menjanjikan, tantangan terhadap penerapan *farmakogenomik* masih ada. Ketersediaan laboratorium yang mumpuni, biaya pengujian genetik, privasi data pasien, serta pemahaman masyarakat dan tenaga kesehatan tentang interpretasi hasil genetik menjadi faktor-faktor yang harus dibenahi agar pendekatan ini dapat diterapkan secara luas. Kolaborasi antara institusi kesehatan, peneliti, pemerintah, dan industri teknologi menjadi kunci dalam membangun ekosistem pengobatan yang lebih canggih dan manusiawi.

Seiring berkembangnya pemahaman tentang hubungan antara genetik dan respons farmakologis, *farmakogenomik* akan terus menjadi bagian integral dari praktik medis masa depan. Bukan lagi sekadar tren atau kemewahan, melainkan kebutuhan dalam menciptakan layanan kesehatan yang adil, efektif, dan berbasis karakteristik unik tiap individu. Dengan begitu, pengobatan tidak hanya menjadi lebih aman dan efisien, tetapi juga lebih menghargai keragaman biologis yang melekat pada setiap manusia.

## 3.2 Hubungan antara Genetik dan Respon Obat

Setiap individu memiliki respons yang berbeda terhadap obat, baik dalam hal efektivitas maupun kemungkinan munculnya efek samping. Salah satu faktor yang sangat berperan dalam perbedaan ini adalah aspek genetik. Informasi genetik yang diturunkan dari orang tua tidak hanya menentukan ciri fisik seseorang, tetapi juga memengaruhi bagaimana tubuh memproses dan merespons senyawa kimia, termasuk obat-obatan.

### 3.2.1 Peran Variasi Genetik dalam Metabolisme Obat

Salah satu elemen kunci yang menjelaskan perbedaan respon obat antarindividu adalah variasi dalam gen yang mengkode enzim metabolik, terutama keluarga enzim *cytochrome P450* atau *CYP450*. Enzim ini bertanggung jawab atas proses oksidasi berbagai jenis obat di hati. Terdapat banyak sub tipe dalam keluarga ini, seperti *CYP2D6*, *CYP2C9*, dan *CYP3A4*, yang memiliki fungsi spesifik terhadap kelompok obat tertentu.

Beberapa orang mewarisi bentuk gen *CYP2D6* yang menyebabkan aktivitas enzim menjadi sangat lambat, yang dikenal sebagai *poor metabolizer*. Dalam kondisi ini, obat bisa menumpuk di dalam tubuh dan menyebabkan toksisitas. Sebaliknya, *ultrarapid metabolizer* mengolah obat dengan sangat cepat sehingga konsentrasi obat tidak mencapai tingkat yang efektif dalam darah. Hal ini dapat menyebabkan obat tidak memberikan efek yang diharapkan (Alzghari et al., 2020).

### 3.2.2 Mutasi dan Polimorfisme Gen

Selain variasi umum dalam gen metabolik, mutasi tertentu atau *polymorphism* dapat menyebabkan perubahan signifikan dalam cara tubuh merespons obat. Sebagai contoh, pada pasien yang memiliki mutasi di gen *TPMT* (thiopurine methyltransferase), penggunaan obat *azathioprine* atau *mercaptopurine* dapat memicu reaksi toksik yang serius karena tubuh tidak mampu mendetoksifikasi metabolit aktif obat tersebut.

Kondisi semacam ini memperlihatkan pentingnya pemahaman terhadap susunan genetik seseorang sebelum pemberian terapi obat. Dalam praktiknya, kini telah dikembangkan berbagai tes genetik yang dapat memetakan risiko tersebut dan mendukung pemberian terapi yang lebih aman dan efektif.

### 3.2.3 Pengaruh Lingkungan dalam Interaksi Gen-Obat

Selain faktor genetik, faktor lingkungan juga memiliki peran penting dalam menentukan bagaimana tubuh merespons obat-obatan. Pola makan, kebiasaan merokok, paparan terhadap zat kimia tertentu, atau bahkan kondisi medis lain yang mendasari, dapat memengaruhi efektivitas dan keamanan obat yang digunakan. Misalnya, konsumsi alkohol secara berlebihan dapat memengaruhi aktivitas enzim CYP450, yang berperan dalam metabolisme berbagai obat, sementara merokok dapat mempercepat metabolisme obat-obatan tertentu, seperti theophylline atau clozapine.

Paparan terhadap polutan atau bahan kimia berbahaya, seperti pestisida, juga dapat mengubah cara tubuh merespons obat-obatan. Sebagai contoh, individu yang tinggal di daerah dengan

tingkat polusi tinggi atau yang bekerja dengan bahan kimia berbahaya mungkin mengalami perubahan dalam metabolisme obat karena interaksi kimia antara lingkungan dan tubuh. Dengan demikian, faktor-faktor lingkungan ini perlu dipertimbangkan dalam pendekatan farmakogenomik untuk memastikan pengobatan yang tepat, aman, dan efektif bagi pasien.

Menambahkan faktor lingkungan dalam analisis interaksi gen-obat memberikan perspektif yang lebih holistik dalam memahami kompleksitas respons tubuh terhadap terapi obat, sehingga pengobatan yang diberikan dapat lebih disesuaikan dengan kondisi unik setiap individu (Virolainen, 2022).

#### **3.2.4 Perbedaan Respon Immunologis**

Respons imun terhadap obat juga sangat dipengaruhi oleh faktor genetik. Beberapa individu memiliki kecenderungan mengalami reaksi hipersensitivitas terhadap obat tertentu karena variasi pada gen yang mengatur sistem kekebalan tubuh. Salah satu contoh paling terkenal adalah kaitan antara alel *HLA-B1502* dan reaksi kulit berat terhadap obat *carbamazepine* pada populasi Asia Tenggara.

Orang dengan alel ini memiliki risiko lebih tinggi untuk mengalami *Stevens-Johnson Syndrome*, sebuah kondisi serius yang dapat mengancam jiwa. Oleh karena itu, skrining genetik sebelum pemberian obat-obatan tertentu menjadi langkah penting dalam memastikan keamanan terapi.

### **3.2.5 Farmakokinetik dan Farmakodinamik yang Dipengaruhi Genetik**

Konsep *farmakokinetik* mengacu pada bagaimana tubuh menyerap, mendistribusikan, memetabolisme, dan mengeliminasi obat. Sementara itu, *farmakodinamik* menggambarkan bagaimana obat memengaruhi tubuh, termasuk mekanisme kerja di tingkat seluler. Kedua proses ini sangat dipengaruhi oleh susunan genetik.

Misalnya, variasi pada reseptor atau protein target di dalam tubuh dapat memengaruhi sensitivitas seseorang terhadap obat tertentu. Individu dengan reseptor yang memiliki afinitas rendah terhadap obat mungkin tidak merasakan manfaat terapeutik meskipun dosis yang diberikan sudah sesuai. Di sisi lain, sensitivitas berlebihan terhadap obat juga bisa meningkatkan risiko efek samping (Relling & Evans, 2021).

Dengan memahami bahwa faktor keturunan memegang peran penting dalam semua aspek perjalanan obat di dalam tubuh, para profesional kesehatan kini semakin menyadari pentingnya personalisasi terapi. Pendekatan ini memungkinkan pemberian terapi yang lebih efektif, efisien, dan aman bagi tiap individu.

## **3.3 Kegunaan Farmakogenomik dalam Terapi Klinis**

*Farmakogenomik* merupakan cabang ilmu yang menggabungkan prinsip genetika dengan ilmu pengobatan, khususnya dalam konteks penggunaan obat. Tujuan utamanya

adalah memahami bagaimana variasi genetik individu memengaruhi respons terhadap obat-obatan. Penerapan farmakogenomik dalam praktik klinis membuka peluang besar untuk meningkatkan keamanan, efisiensi, dan personalisasi dalam penatalaksanaan pasien.

### **3.3.1 Menentukan Dosis yang Tepat untuk Setiap Individu**

Salah satu manfaat utama dari *farmakogenomik* adalah kemampuannya untuk menyesuaikan dosis berdasarkan profil genetik seseorang. Variasi dalam gen yang mengatur enzim metabolisme, seperti *CYP2D6* atau *CYP2C19*, dapat menyebabkan perbedaan besar dalam laju pemecahan obat. Sebagai contoh, pasien dengan genotipe *poor metabolizer* dapat mengalami penumpukan obat dalam tubuh jika diberikan dosis standar, yang berisiko menyebabkan toksisitas.

Dengan informasi genetik ini, tenaga medis dapat menyesuaikan dosis lebih akurat, mengurangi risiko efek samping, dan memastikan konsentrasi obat berada dalam rentang terapeutik yang diharapkan (Relling & Evans, 2020).

### **3.3.2 Mencegah Reaksi yang Merugikan**

Efek samping obat masih menjadi salah satu penyebab utama kejadian tak diinginkan dalam layanan kesehatan. Sebagian besar reaksi ini disebabkan oleh perbedaan dalam metabolisme obat atau sensitivitas terhadap kandungan aktif. *Farmakogenomik* dapat mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami reaksi negatif sebelum pengobatan dimulai.

Sebagai contoh, gen *HLA-B57:01* diketahui berhubungan dengan reaksi hipersensitivitas berat terhadap *abacavir*, obat yang digunakan untuk terapi HIV. Dengan melakukan skrining genetik terlebih dahulu, pasien yang memiliki risiko tinggi dapat dihindarkan dari obat tersebut dan diberikan alternatif yang lebih aman (Phillips et al., 2021).

### **3.3.3 Mempercepat Pemilihan Obat yang Tepat**

Dalam banyak kasus, pemilihan obat yang efektif dilakukan melalui proses coba-coba, yang memakan waktu dan berisiko memperpanjang penderitaan pasien. Dengan bantuan informasi genetik, proses ini dapat dipersingkat. *Farmakogenomik* memberikan panduan tentang mana obat yang kemungkinan besar akan memberikan hasil positif berdasarkan profil biologis pasien.

Pendekatan ini sangat berguna dalam terapi penyakit kronis seperti depresi, hipertensi, atau epilepsi, di mana respons terhadap obat sangat bervariasi antar individu. Waktu yang lebih singkat untuk mencapai kontrol gejala dapat meningkatkan kualitas hidup secara signifikan (Caudle et al., 2020).

### **3.3.4 Mendukung Prinsip Terapi Individual**

Konsep individualisasi pengobatan menjadi semakin penting di era medis modern. *Farmakogenomik* memperkuat prinsip bahwa tidak ada satu pengobatan yang cocok untuk semua orang. Dengan mempertimbangkan profil genetik, terapi menjadi lebih personal dan selaras dengan kebutuhan biologis masing-masing pasien.

Dalam praktiknya, ini berarti setiap pasien diperlakukan sebagai unik, bukan hanya berdasarkan usia, berat badan, atau

gejala, tetapi juga berdasarkan informasi molekuler yang bersifat sangat spesifik (Van der Wouden et al., 2020).

### **3.3.5 Meningkatkan Efektivitas dan Efisiensi Terapi**

Terapi yang dirancang berdasarkan data genetik cenderung lebih cepat memberikan hasil yang diinginkan. Dengan menghindari pengobatan yang tidak efektif dan mengurangi risiko efek samping, sistem layanan kesehatan dapat menghemat biaya serta sumber daya. Di sisi pasien, hal ini berarti lebih sedikit kunjungan ke fasilitas kesehatan, pengurangan konsumsi obat tambahan, serta perbaikan hasil terapi secara keseluruhan.

Keuntungan ganda inilah yang menjadikan *farmakogenomik* sebagai komponen strategis dalam pengembangan layanan kesehatan masa depan (Schleiden et al., 2021).

## **3.4 Contoh Penerapan Farmakogenomik**

*Farmakogenomik* adalah bidang yang mengkaji bagaimana variasi genetik individu memengaruhi respons terhadap obat. Dengan memahami informasi genetik pasien, tenaga medis dapat menyesuaikan pemilihan obat, dosis, serta menghindari reaksi merugikan. Penerapan *farmakogenomik* menjadi semakin relevan di era *precision medicine*, di mana terapi dirancang secara spesifik berdasarkan karakteristik biologis pasien. Berikut adalah beberapa contoh konkret penggunaan *farmakogenomik* dalam praktik klinis.

### **3.4.1 Warfarin: Penyesuaian Dosis Berdasarkan VKORC1 dan CYP2C9**

Warfarin adalah obat antikoagulan yang digunakan untuk mencegah pembentukan bekuan darah. Namun, dosis terapeutik warfarin sangat bervariasi antarindividu. Dua gen utama yang memengaruhi respons terhadap warfarin adalah *VKORC1* dan *CYP2C9*. Variasi genetik pada *VKORC1* mempengaruhi sensitivitas terhadap obat, sedangkan mutasi pada *CYP2C9* berperan dalam metabolisme warfarin di hati.

Pasien dengan varian tertentu pada kedua gen tersebut memiliki risiko lebih tinggi terhadap perdarahan jika diberikan dosis standar. Oleh karena itu, pengujian genetik sebelum pemberian warfarin dapat membantu menentukan dosis awal yang aman dan efektif (Johnson et al., 2020). Ini mengurangi risiko efek samping serius dan mempercepat pencapaian efek terapeutik.

### **3.4.2 Abacavir: Identifikasi Risiko Reaksi Alergi Serius**

Abacavir merupakan obat antiretroviral yang digunakan untuk mengobati infeksi HIV. Salah satu risiko utama penggunaan abacavir adalah terjadinya reaksi alergi serius yang berpotensi fatal. Riset menemukan bahwa risiko ini meningkat tajam pada individu yang memiliki alel *HLA-B5701\**. Oleh karena itu, skrining genetik terhadap alel ini kini menjadi prosedur standar sebelum memulai terapi dengan abacavir.

Apabila seseorang diketahui membawa alel tersebut, maka abacavir tidak direkomendasikan, dan alternatif terapi lain perlu dipertimbangkan. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana

*farmakogenomik* dapat mencegah reaksi obat yang berat hanya dengan satu kali pemeriksaan genetik, sekaligus meningkatkan keselamatan terapi (Mallal et al., 2021).

### **3.4.3 Codeine: Ketidakefektifan pada Pasien dengan Defisiensi CYP2D6**

Codeine adalah analgesik yang bekerja setelah dikonversi menjadi morfin oleh enzim CYP2D6 di hati. Namun, beberapa individu memiliki mutasi pada gen *CYP2D6* yang menyebabkan defisiensi atau bahkan tidak memproduksi enzim tersebut. Akibatnya, konversi codeine menjadi morfin menjadi sangat rendah, sehingga efek analgesik yang diharapkan tidak tercapai.

Sebaliknya, ada juga individu yang merupakan *ultra-rapid metabolizers*, yang justru mengubah codeine menjadi morfin secara berlebihan, berisiko menyebabkan depresi pernapasan. Oleh karena itu, pemeriksaan genetik terhadap status *CYP2D6* dapat menentukan apakah penggunaan codeine aman dan efektif bagi seorang pasien (Crews et al., 2021). Ini membantu menghindari baik ketidakefektifan maupun toksisitas.

### **3.4.4 Trastuzumab: Efektivitas Bergantung pada Status HER2**

Trastuzumab adalah terapi target untuk kanker payudara yang bekerja secara spesifik pada pasien dengan ekspresi protein HER2 yang tinggi. Pasien dengan status *HER2-positive* menunjukkan respons yang jauh lebih baik terhadap trastuzumab dibandingkan dengan yang tidak mengekspresikan HER2. Oleh karena itu, pengujian ekspresi HER2 pada jaringan tumor menjadi langkah awal yang penting sebelum memulai terapi ini.

Pendekatan ini memperlihatkan bahwa bukan hanya gen metabolik, tetapi juga ekspresi reseptor spesifik dapat menentukan keberhasilan terapi. Dengan strategi ini, pengobatan dapat difokuskan hanya kepada mereka yang kemungkinan besar mendapatkan manfaat, sekaligus menghindari pemberian terapi yang tidak diperlukan bagi pasien *HER2-negative* (Slamon et al., 2020).

### **3.5 Latihan Soal**

1. Apa itu farmakogenomik dan bagaimana penerapannya dalam dunia medis?
2. Sebutkan dua manfaat utama dari farmakogenomik!
3. Jelaskan bagaimana variasi genetik dapat mempengaruhi respon obat!
4. Berikan satu contoh obat yang dipengaruhi oleh profil genetik!
5. Apa tantangan utama dalam penerapan farmakogenomik secara luas?

# **Bab 4: Obat Herbal vs Obat Modern: Sinergi atau Saingan?**

---

## **4.1 Pemahaman Dasar Obat Herbal dan Obat Modern**

Obat telah menjadi bagian penting dalam menjaga dan memulihkan kesehatan manusia sepanjang sejarah. Secara umum, obat dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok besar, yaitu obat herbal dan obat modern. Keduanya memiliki prinsip penggunaan yang berbeda, meskipun tujuan akhirnya sama: membantu menyembuhkan, mencegah, atau meringankan penyakit.

Obat herbal adalah produk kesehatan yang berasal dari bahan alami, terutama tanaman, akar, daun, kulit batang, biji, dan rempah. Penggunaan obat herbal telah berlangsung selama ribuan tahun di berbagai peradaban, seperti pengobatan *Traditional Chinese Medicine* (TCM), Ayurveda dari India, dan *jamu* di Indonesia. Pendekatan ini mengandalkan warisan pengetahuan yang diturunkan lintas generasi dan bersifat holistik, yang berarti melihat tubuh sebagai sistem yang saling terhubung dan menekankan pada keseimbangan fisik serta emosional.

Sebaliknya, obat modern merupakan hasil dari proses ilmiah yang terstandarisasi. Obat jenis ini dikembangkan melalui tahapan panjang yang melibatkan identifikasi zat aktif, pengujian di laboratorium, uji praklinis pada hewan, hingga uji klinis pada manusia sebelum dapat disetujui penggunaannya secara luas. Setiap langkah dalam proses ini didesain untuk memastikan keamanan, khasiat, dan kualitas produk. Hal inilah yang membedakan obat modern dengan obat herbal, terutama dalam hal pembuktian ilmiah atau *evidence* yang mendasari penggunaannya (Sutrisno & Wardani, 2021).

Salah satu perbedaan mendasar antara keduanya adalah proses produksinya. Obat modern umumnya mengandung satu atau beberapa zat aktif yang telah diisolasi secara kimia, kemudian diformulasikan dalam bentuk yang mudah dikonsumsi seperti tablet, kapsul, atau injeksi. Obat ini dibuat dengan pengawasan yang ketat dan harus memenuhi standar produksi farmasi internasional seperti *Good Manufacturing Practices* (GMP). Sebaliknya, obat herbal sering kali masih disajikan dalam bentuk yang lebih alami, misalnya direbus atau dikeringkan, meskipun kini sudah banyak pula yang tersedia dalam bentuk ekstrak yang distandarisasi (*standardized extract*).

Dalam hal efektivitas dan keamanan, obat modern memiliki keunggulan dari sisi dokumentasi ilmiah. Efek samping, dosis efektif, interaksi obat, serta kontraindikasi telah diketahui secara rinci melalui proses pengujian yang komprehensif. Sebaliknya, banyak obat herbal yang masih minim bukti ilmiah formal. Ini bukan

berarti obat herbal tidak efektif, melainkan bahwa bukti ilmiahnya masih perlu diperkuat melalui uji yang lebih sistematis.

Meski begitu, pemakaian obat herbal tetap menjadi pilihan banyak masyarakat, terutama karena dianggap lebih alami dan minim efek samping. Namun, persepsi ini tidak selalu tepat. Beberapa jenis obat herbal bisa menimbulkan efek samping atau berinteraksi negatif dengan obat modern jika digunakan bersamaan tanpa pengawasan medis. Contohnya, ekstrak *St. John's wort* yang digunakan sebagai antidepresan alami dapat menurunkan efektivitas kontrasepsi hormonal dan obat antikoagulan (Widyaningsih & Amalia, 2022).

## **4.2 Efektivitas dan Keamanan Penggunaan**

Dalam dunia pengobatan modern, efektivitas dan keamanan penggunaan suatu sediaan—baik konvensional maupun herbal—menjadi dua pilar utama yang menentukan keberlanjutan dan kepercayaan masyarakat terhadap terapi tersebut. Perbedaan karakteristik mendasar antara obat modern dan obat herbal membuat diskusi mengenai keduanya perlu dilakukan secara cermat, rasional, dan berdasarkan pemahaman ilmiah yang terkini.

Obat modern atau *modern pharmaceuticals* umumnya telah melewati serangkaian proses evaluasi yang ketat, termasuk pengujian praklinis, uji keamanan, dan uji pada manusia dalam skala besar. Proses tersebut menghasilkan data yang rinci dan terukur mengenai dosis yang tepat, profil *adverse effects*, serta potensi

interaksi dengan senyawa lain. Informasi ini kemudian dicantumkan dalam dokumen resmi seperti lembar informasi obat dan digunakan sebagai dasar dalam praktik klinis oleh dokter, apoteker, dan tenaga kesehatan lainnya.

Sebaliknya, obat herbal berasal dari bahan alami seperti daun, akar, atau bunga tanaman. Penggunaan obat jenis ini sering kali didasarkan pada tradisi atau pengalaman empiris turun-temurun. Meski banyak masyarakat menganggap herbal lebih aman karena bersifat “alami,” kenyataannya klaim ini tidak selalu benar. Kandungan *active compounds* pada tanaman herbal bisa sangat bervariasi tergantung pada lokasi tumbuh, cara panen, proses ekstraksi, hingga penyimpanan. Variabilitas ini menyebabkan sulitnya menstandarkan dosis dan efektivitas dari satu produk herbal ke produk lain, bahkan dalam merek yang sama.

Salah satu tantangan terbesar dalam penggunaan obat herbal adalah ketiadaan data yang cukup terkait efektivitasnya untuk indikasi medis tertentu. Banyak produk herbal belum diuji secara sistematis dalam populasi besar menggunakan rancangan ilmiah yang memadai. Meskipun beberapa tanaman seperti *Echinacea purpurea*, *Panax ginseng*, dan *Curcuma longa* telah menunjukkan potensi terapeutik dalam riset awal, namun hasil tersebut masih perlu diverifikasi dalam riset yang lebih besar dan ketat. Oleh sebab itu, klaim manfaat dari produk herbal harus disikapi secara hati-hati, terutama jika belum didukung data objektif dari lembaga yang kredibel.

Dari sisi keamanan, obat herbal juga bukan tanpa risiko. Beberapa produk mengandung senyawa yang dapat memicu reaksi alergi, menyebabkan toksisitas hati atau ginjal, atau berinteraksi dengan obat lain yang sedang digunakan. Sebagai contoh, *St. John's wort* dikenal dapat menurunkan efektivitas kontrasepsi hormonal dan obat antidepresan karena memengaruhi enzim metabolisme di hati. Begitu pula *ginkgo biloba* yang dapat meningkatkan risiko perdarahan bila dikombinasikan dengan antikoagulan (Awortwe *et al.*, 2021). Fenomena *herbal-drug interactions* ini menunjukkan bahwa obat herbal tidak boleh dianggap sepenuhnya bebas risiko.

Lebih lanjut, kurangnya pengawasan yang memadai terhadap produk herbal di beberapa negara berkembang, termasuk Indonesia, menambah kerentanan pengguna terhadap risiko keamanan. Tidak semua produk yang beredar di pasaran telah melewati proses registrasi resmi atau pengujian kualitas bahan baku. Dalam beberapa kasus, ditemukan adanya campuran bahan kimia sintetis yang tidak dicantumkan pada label, demi meningkatkan efek cepat dari produk tersebut. Situasi ini tentu membahayakan konsumen dan merusak citra obat herbal itu sendiri.

Namun, tidak dapat disangkal bahwa potensi terapeutik dari bahan herbal tetap besar. Banyak senyawa obat modern yang awalnya berasal dari tanaman. Aspirin, misalnya, berasal dari *Salix alba* (pohon willow), morfin dari opium, dan artemisinin dari *Artemisia annua*. Oleh karena itu, eksplorasi terhadap tanaman obat tetap penting, terutama jika dilakukan secara ilmiah dan terstruktur.

Bagi masyarakat umum, penting untuk menyadari bahwa efektivitas dan keamanan obat tidak cukup dilihat dari bahan dasarnya saja—alami atau sintetis—melainkan dari bagaimana obat tersebut diproses, diuji, dan dikonsumsi. Konsultasi dengan tenaga kesehatan, terutama apoteker dan dokter, menjadi langkah bijak sebelum menggabungkan obat herbal dengan terapi konvensional, terutama pada pasien dengan kondisi kronis seperti hipertensi, diabetes, atau gangguan fungsi organ.

Di beberapa rumah sakit, kini mulai diterapkan layanan informasi obat terpadu yang juga mencakup penilaian risiko penggunaan obat herbal. Apoteker dilibatkan dalam mengedukasi pasien tentang kemungkinan interaksi, waktu penggunaan yang tepat, serta gejala yang harus diwaspadai. Pendekatan ini bertujuan membangun kesadaran bahwa semua intervensi farmakologis, baik dari alam maupun laboratorium, memiliki mekanisme kerja yang nyata dan harus dikelola secara ilmiah.

Selain itu, ada kebutuhan untuk mendorong riset yang lebih kuat terhadap tanaman obat lokal Indonesia. Tanaman seperti sambiloto (*Andrographis paniculata*), temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*), dan meniran (*Phyllanthus niruri*) memiliki potensi besar, namun belum banyak diteliti dalam skala luas dan terstandar. Kolaborasi antara perguruan tinggi, industri farmasi, dan lembaga regulator menjadi sangat penting untuk membangun fondasi ilmiah yang kuat dalam pengembangan fitofarmaka yang aman dan efektif.

## 4.3 Regulasi dan Standarisasi

Dunia farmasi modern menghadirkan beragam jenis produk obat, baik yang berbasis sintetis maupun dari sumber alam seperti tanaman herbal. Setiap jenis produk memiliki tantangan dan standar pengawasan yang berbeda, tergantung pada karakteristik bahan aktif, proses produksi, serta risiko yang ditimbulkan terhadap pasien. Oleh karena itu, regulasi dan standarisasi merupakan bagian krusial dalam menjamin keamanan, mutu, dan manfaat dari produk farmasi yang beredar di masyarakat.

### 4.3.1 Regulasi Obat Modern

Obat-obatan sintetis yang dikembangkan secara ilmiah wajib melalui serangkaian pengujian yang ketat sebelum dapat diedarkan. Di Indonesia, pengawasan dilakukan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), sedangkan di tingkat global, lembaga seperti *Food and Drug Administration* (FDA) di Amerika Serikat memiliki wewenang yang sama.

Proses evaluasi melibatkan tahapan uji keamanan (*safety*), kemanjuran (*efficacy*), serta mutu (*quality*). Pengujian ini mencakup uji laboratorium, pengujian pada hewan, serta uji klinis pada manusia dengan pengawasan ketat. Seluruh proses ini bertujuan memastikan bahwa manfaat suatu produk lebih besar daripada risikonya.

Selain itu, sistem pengawasan pascapemasaran juga diterapkan untuk mengidentifikasi potensi efek samping jangka panjang yang mungkin tidak muncul selama tahap awal pengujian.

Mekanisme ini dikenal sebagai *pharmacovigilance*, dan pelaksanaannya sangat bergantung pada laporan dari fasilitas pelayanan kesehatan.

#### **4.3.2 Tantangan Standarisasi Obat Herbal**

Berbeda dengan obat sintetis, produk herbal masih menghadapi tantangan besar dalam hal *standardization* dan konsistensi mutu. Salah satu tantangan utama adalah variabilitas bahan baku alam yang dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti lokasi penanaman, iklim, dan teknik ekstraksi. Perbedaan ini dapat menyebabkan variasi dalam kandungan zat aktif, sehingga berpengaruh pada efektivitas dan keamanan produk.

Selain itu, masih banyak produk herbal di pasaran yang belum melewati proses uji klinis yang memadai, sehingga data mengenai keamanan dan dosis optimalnya masih terbatas. Meskipun demikian, beberapa negara mulai mengambil langkah untuk membangun kerangka regulasi yang lebih ketat bagi produk herbal. Misalnya, di Jerman, produk *phytopharmaceuticals* wajib memenuhi standar yang sama ketatnya dengan obat sintetis jika ingin diklaim sebagai terapi medis.

Di Indonesia sendiri, BPOM telah mengembangkan sistem registrasi dan pengawasan untuk produk jamu, obat herbal terstandar (OHT), dan fitofarmaka. Perbedaan klasifikasi ini didasarkan pada tingkat bukti ilmiah dan dokumentasi mutu yang dimiliki suatu produk. Fitofarmaka, misalnya, merupakan kategori tertinggi yang telah melalui uji toksisitas dan efektivitas terhadap manusia, dan harus memenuhi kriteria mutu yang sangat ketat.

### **4.3.3 Upaya Harmonisasi dan Pengawasan Global**

Dalam era globalisasi, harmonisasi regulasi menjadi penting agar produk yang dikembangkan di satu negara dapat diterima di negara lain dengan standar yang setara. Organisasi seperti *International Council for Harmonisation* (ICH) berperan dalam menyusun pedoman teknis yang disepakati oleh banyak negara terkait evaluasi mutu, keamanan, dan kemanjuran obat.

Harmonisasi juga memfasilitasi proses ekspor-impor produk farmasi serta mencegah masuknya produk yang tidak memenuhi *regulatory compliance*. Namun, hal ini memerlukan kerja sama lintas negara serta peningkatan kapasitas lembaga pengawas di tingkat nasional.

### **4.3.4 Pentingnya Edukasi dan Transparansi**

Masyarakat sebagai pengguna akhir obat perlu diberikan edukasi mengenai pentingnya produk yang telah teregistrasi dan diawasi oleh lembaga resmi. Masih banyak konsumen yang memilih obat atau suplemen hanya berdasarkan iklan atau rekomendasi tidak resmi, tanpa memahami risiko dari produk yang tidak terstandar.

Transparansi informasi juga menjadi kunci. Label produk, *leaflet* penggunaan, serta akses terhadap informasi hasil uji yang relevan dapat membantu konsumen mengambil keputusan yang bijak dan aman.

## **4.4 Latihan Soal**

1. Jelaskan perbedaan utama antara obat herbal dan obat modern.
2. Sebutkan dua tantangan dalam penggunaan obat herbal yang perlu diperhatikan tenaga kesehatan.
3. Mengapa penggabungan penggunaan obat herbal dan modern harus diawasi oleh tenaga medis?
4. Bagaimana cara memastikan keamanan obat herbal yang digunakan pasien?
5. Berikan contoh kasus di mana penggunaan obat herbal bisa mendukung terapi konvensional.

# Bab 5: Obat Generik dan Mitos di Masyarakat

---

## 5.1 Pengertian Obat Generik

Obat generik merupakan salah satu inovasi dalam dunia farmasi yang memungkinkan masyarakat memperoleh akses terhadap pengobatan dengan biaya yang lebih terjangkau tanpa mengurangi efektivitas dan keamanannya. Obat ini mengandung zat aktif yang sama dengan obat bermerek, atau sering disebut *branded drugs*, namun dipasarkan dengan nama generiknya. Kehadiran obat generik menjadi jawaban atas tantangan keterjangkauan obat, terutama di negara-negara berkembang, di mana harga obat bermerek kerap menjadi hambatan bagi sebagian besar penduduk untuk memperoleh terapi yang sesuai.

Kandungan zat aktif dalam obat generik identik dengan obat bermerek, yang berarti bahwa senyawa utama yang memberikan efek terapeutik pada pasien adalah sama. Perbedaan mendasar terletak pada nama dagang, kemasan, serta zat tambahan (*excipients*) yang digunakan dalam formulasi. Walaupun demikian, hal tersebut tidak berdampak signifikan terhadap efektivitas obat selama kualitas produksinya memenuhi standar yang ditetapkan. Salah satu jaminan kesetaraan ini adalah uji *bioequivalence* atau bioekivalensi, yang menunjukkan bahwa kadar zat aktif dalam darah setelah

mengonsumsi obat generik setara dengan kadar yang diperoleh dari obat bermerek.

Keberadaan uji bioekivalensi sangat penting untuk menjamin bahwa obat generik benar-benar setara secara terapeutik dengan obat referensinya. Proses ini melibatkan pengukuran konsentrasi obat dalam plasma darah selama periode waktu tertentu dan dibandingkan dengan obat bermerek sebagai acuan. Dengan demikian, pasien dapat yakin bahwa penggunaan obat generik memberikan manfaat klinis yang sama. Menurut World Health Organization (2022), obat generik yang telah melewati uji bioekivalensi dapat diandalkan dan aman digunakan secara luas dalam sistem pelayanan kesehatan.

Selain memberikan manfaat klinis yang sama, obat generik juga menawarkan keuntungan dari sisi ekonomi. Harga obat generik umumnya jauh lebih rendah dibandingkan obat bermerek karena tidak lagi memerlukan biaya riset dan pengembangan yang tinggi. Setelah masa paten obat bermerek habis, produsen lain diperbolehkan memproduksi versi generiknya tanpa harus mengeluarkan biaya untuk pengembangan molekul baru. Hal ini menciptakan kompetisi pasar yang sehat dan pada akhirnya menurunkan harga bagi konsumen. Sebuah laporan oleh Dylst et al. (2020) menegaskan bahwa penggunaan obat generik dapat menghemat miliaran dolar dalam anggaran kesehatan nasional, terutama bila penggunaannya diterapkan secara luas di fasilitas kesehatan publik.

Meskipun telah terbukti efektif dan aman, obat generik masih menghadapi tantangan dalam hal penerimaan masyarakat. Tidak

jarang ditemukan anggapan bahwa obat generik kurang manjur atau berkualitas rendah dibandingkan obat bermerek. Stigma ini seringkali muncul akibat kurangnya pemahaman serta pengaruh dari persepsi merek. Padahal, bila produksi dan distribusinya diawasi dengan ketat oleh lembaga otoritas yang kompeten, maka tidak ada alasan untuk meragukan efektivitas obat generik. Oleh karena itu, penting bagi tenaga kesehatan untuk memberikan edukasi kepada pasien agar tidak hanya mempertimbangkan merek, tetapi juga kualitas dan fungsi obat yang dikonsumsi.

Dalam sistem kesehatan yang ideal, keberadaan obat generik merupakan salah satu pilar penting dalam memastikan pemerataan layanan kesehatan. Dengan kebijakan yang mendorong penggunaan obat generik, negara dapat mengalokasikan anggaran kesehatan secara lebih efisien tanpa mengorbankan mutu pelayanan. Oleh sebab itu, pemahaman yang benar mengenai konsep, manfaat, serta keandalan obat generik perlu terus disosialisasikan agar kepercayaan masyarakat terhadapnya semakin meningkat dan penggunaannya dapat dioptimalkan.

## **5.2 Jenis-Jenis Obat Generik**

Obat generik merupakan pilihan rasional dalam sistem pelayanan kesehatan karena menawarkan kualitas yang sebanding dengan obat bermerek, namun dengan harga yang jauh lebih terjangkau. Pemanfaatan obat generik mendukung pemerataan akses terhadap pengobatan yang efektif, terutama di kalangan masyarakat

yang memiliki keterbatasan ekonomi. Dalam praktiknya, obat generik terbagi menjadi dua jenis utama yang dibedakan berdasarkan karakteristik label dan strategi pemasaran, yaitu *obat generik berlogo* dan *obat generik bermerek*.

### **5.2.1 Obat Generik Berlogo (OGB)**

*Obat generik berlogo* atau yang sering disingkat OGB adalah jenis obat generik yang diproduksi oleh berbagai industri farmasi dengan standar yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Ciri khas dari OGB adalah kemasannya yang sederhana dan mencantumkan logo khusus generik berbentuk bulat berwarna hijau dengan garis diagonal putih di tengah. Logo ini menjadi penanda resmi bahwa obat tersebut termasuk dalam kategori generik yang tidak menggunakan nama dagang, melainkan hanya mencantumkan nama zat aktifnya.

OGB dipasarkan dengan harga yang dikendalikan dan biasanya digunakan secara luas dalam layanan kesehatan publik, seperti puskesmas dan rumah sakit pemerintah. Meskipun harganya lebih murah dibandingkan obat bermerek, kualitas dan efektivitas OGB telah melalui proses uji yang ketat. Berdasarkan data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), seluruh OGB yang beredar di Indonesia wajib memenuhi standar *bioekivalensi*, yaitu kesamaan dalam hal kadar dan laju zat aktif dalam tubuh dengan obat aslinya (BPOM, 2022).

### **5.2.2 Obat Generik Bermerek**

Berbeda dengan OGB, *obat generik bermerek* adalah obat yang tetap mengandung zat aktif yang sama dengan obat paten,

namun diberi nama dagang oleh produsen farmasi. Nama dagang ini dipilih sebagai bagian dari strategi pemasaran dan pembeda dari produk lain yang sejenis. Meskipun memiliki nama merek, harga obat generik bermerek biasanya tetap lebih rendah dibandingkan obat paten asli.

Dari segi efektivitas, *obat generik bermerek* setara dengan OGB karena mengandung komposisi zat aktif yang identik dan telah melalui proses pendaftaran yang mengacu pada standar kualitas yang sama. Namun, adanya nama dagang sering kali menimbulkan persepsi bahwa obat tersebut memiliki kualitas lebih tinggi, meskipun secara ilmiah tidak ada perbedaan dalam manfaat klinisnya (Ministry of Health Malaysia, 2020).

Keberadaan dua jenis obat generik ini memberi fleksibilitas bagi tenaga kesehatan dalam memilih terapi yang sesuai dengan kondisi pasien. Selain itu, konsumen juga memiliki pilihan berdasarkan pertimbangan harga, ketersediaan, dan preferensi pribadi.

### **5.2.3 Edukasi dan Persepsi Masyarakat**

Salah satu tantangan utama dalam mendorong penggunaan obat generik adalah persepsi masyarakat terhadap kualitasnya. Tidak sedikit orang yang masih menganggap OGB sebagai "obat kelas dua", padahal efektivitasnya tidak kalah dengan obat bermerek. Oleh karena itu, edukasi yang berkelanjutan sangat penting untuk mengubah paradigma tersebut. Informasi yang benar mengenai keamanan, uji kualitas, serta regulasi yang menaungi produksi obat

generik dapat meningkatkan kepercayaan masyarakat dan memperluas pemanfaatan obat ini dalam sistem kesehatan nasional.

Laporan dari WHO (2021) menegaskan bahwa penggunaan obat generik secara luas dapat mengurangi beban pengeluaran rumah tangga untuk kesehatan serta meningkatkan efisiensi sistem pelayanan publik. Untuk itu, kolaborasi antara penyedia layanan kesehatan, apotek, dan otoritas pengawas sangat diperlukan dalam memperkuat penggunaan obat generik secara rasional dan bertanggung jawab.

### **5.3 Kegunaan Obat Generik**

Obat generik merupakan salah satu pilar penting dalam sistem kesehatan yang adil dan terjangkau. Dalam konteks pelayanan kesehatan modern, keberadaan obat generik bukan hanya sebagai alternatif dari obat bermerek, tetapi juga sebagai sarana untuk memperluas akses terhadap pengobatan yang aman, efektif, dan ekonomis. Meskipun sering kali dipersepsikan sebagai produk “kelas dua” oleh sebagian masyarakat, kenyataannya obat generik memiliki manfaat yang sangat signifikan, baik bagi pasien maupun sistem kesehatan nasional secara keseluruhan.

Salah satu manfaat paling nyata dari obat generik adalah harganya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan obat bermerek. Harga yang rendah ini bukan berarti kualitasnya dikorbankan, melainkan karena produsen obat generik tidak perlu menanggung biaya riset awal dan promosi produk sebagaimana yang

dilakukan oleh produsen obat bermerek. Setelah masa paten obat bermerek habis, maka obat generik dapat diproduksi dengan formula yang sama, namun tanpa beban biaya komersialisasi yang tinggi. Menurut laporan dari World Health Organization (2021), obat generik dapat menghemat biaya hingga 80% dibandingkan dengan obat bermerek dalam pengobatan penyakit kronis.

Selain dari sisi biaya, obat generik juga memiliki efektivitas dan keamanan yang telah terjamin. Di Indonesia, semua obat generik harus melalui proses evaluasi dan uji bioekivalensi oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Uji ini bertujuan memastikan bahwa obat generik memiliki *bioavailability* yang setara dengan obat aslinya, artinya zat aktif dalam obat generik dapat diserap oleh tubuh dengan cara dan kecepatan yang sama seperti obat bermerek. Oleh karena itu, dari sudut pandang klinis, tidak ada perbedaan signifikan antara obat generik dan obat bermerek dalam hal hasil pengobatan, selama digunakan sesuai indikasi dan aturan pakai yang benar (Susanti & Handayani, 2022).

Lebih jauh lagi, obat generik berperan besar dalam memperluas akses terhadap layanan kesehatan, khususnya bagi kelompok masyarakat dengan keterbatasan ekonomi. Di berbagai daerah terpencil atau pelosok, obat generik menjadi andalan utama dalam penyediaan pengobatan untuk penyakit umum seperti hipertensi, diabetes, dan infeksi saluran pernapasan. Ketersediaan obat dengan harga terjangkau memungkinkan lebih banyak pasien memperoleh terapi yang dibutuhkan secara berkelanjutan. Hal ini secara tidak langsung mendukung pencapaian tujuan pembangunan

kesehatan nasional, terutama dalam upaya menurunkan angka kesakitan dan meningkatkan angka harapan hidup masyarakat (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Obat generik juga memberikan manfaat sistemik bagi penyelenggara layanan kesehatan, termasuk rumah sakit dan fasilitas layanan primer. Biaya pengadaan obat yang lebih rendah memungkinkan alokasi anggaran yang lebih efisien, sehingga fasilitas kesehatan dapat memberikan layanan yang lebih merata kepada seluruh lapisan masyarakat. Dalam sistem asuransi kesehatan nasional, penggunaan obat generik juga berkontribusi besar terhadap keberlanjutan pembiayaan program, karena mengurangi beban klaim yang berasal dari pengobatan farmakologis.

Sayangnya, masih terdapat tantangan dalam hal penerimaan obat generik di tengah masyarakat. Persepsi bahwa obat generik “tidak seampuh” obat bermerek masih melekat kuat pada sebagian pasien, terutama di kalangan menengah ke atas. Oleh karena itu, edukasi yang berkelanjutan dari tenaga kesehatan dan institusi pemerintah menjadi sangat penting untuk mengubah pandangan tersebut. Informasi yang akurat dan berbasis fakta dapat membantu masyarakat lebih memahami bahwa obat generik merupakan produk yang sah, legal, dan setara dari sisi mutu dan efektivitas.

Dengan mempertimbangkan seluruh aspek tersebut, dapat disimpulkan bahwa obat generik bukan hanya sekadar alternatif, melainkan solusi utama dalam upaya pemerataan akses pengobatan. Manfaatnya yang nyata di bidang ekonomi, klinis, dan sosial

menjadikan obat generik sebagai bagian integral dari sistem kesehatan yang inklusif dan berkelanjutan.

## **5.4 Mitos yang Berkembang di Masyarakat**

Obat generik merupakan salah satu pilar penting dalam sistem kesehatan karena menawarkan alternatif yang lebih terjangkau tanpa mengorbankan mutu. Namun, berbagai mitos yang berkembang di masyarakat sering kali menimbulkan keraguan dalam penggunaannya. Mitos ini muncul karena kurangnya informasi yang akurat, persepsi yang keliru, serta pengaruh pemasaran dari produk bermerek. Memahami dan meluruskan mitos-mitos ini menjadi langkah penting untuk mendorong penggunaan obat yang rasional dan adil bagi semua lapisan masyarakat.

### **5.4.1 Mitos: Obat Generik Tidak Seefektif Obat Bermerek**

Salah satu mitos paling umum adalah anggapan bahwa obat generik tidak memberikan efek terapeutik sebaik obat bermerek. Padahal, obat generik mengandung zat aktif yang sama dan bekerja dengan cara yang identik di dalam tubuh. Standar efektivitasnya telah diuji sebelum obat tersebut disetujui untuk diedarkan. Organisasi kesehatan di berbagai negara, termasuk Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) di Indonesia, menerapkan persyaratan yang ketat terhadap mutu, keamanan, dan efikasi obat generik sebelum diberi izin edar (WHO, 2021).

### **5.4.2 Mitos: Obat Generik Mengandung Bahan yang Kurang Berkualitas**

Anggapan bahwa obat generik dibuat dari bahan yang lebih murah atau kualitas rendah tidaklah benar. Perusahaan farmasi yang memproduksi obat generik wajib mematuhi *Good Manufacturing Practices* (GMP), yang menjamin bahwa bahan baku yang digunakan telah memenuhi standar kualitas internasional. Perbedaan harga antara obat generik dan obat bermerek bukan disebabkan oleh kualitas bahan, melainkan karena obat generik tidak lagi dibebani biaya riset, pemasaran, dan *branding* yang tinggi.

#### **5.4.3 Mitos: Obat Generik Hanya untuk Orang Miskin**

Mitos ini tumbuh dari asumsi bahwa harga murah selalu dikaitkan dengan kualitas rendah atau ditujukan untuk kelompok ekonomi bawah. Faktanya, penggunaan obat generik direkomendasikan secara global oleh banyak lembaga kesehatan, termasuk *National Institutes of Health* dan *World Health Organization*. Obat generik digunakan di berbagai fasilitas kesehatan, baik di rumah sakit pemerintah maupun swasta, serta diresepkan untuk pasien dari berbagai latar belakang sosial. Penggunaan obat generik merupakan strategi efisien dalam pengendalian biaya kesehatan, dan bukan semata-mata soal status sosial (Alrasheedy et al., 2020).

#### **5.4.4 Mitos: Obat Generik Menimbulkan Lebih Banyak Efek Samping**

Sebagian masyarakat beranggapan bahwa obat generik lebih mudah menimbulkan efek samping. Ini merupakan persepsi yang tidak berdasar. Efek samping merupakan risiko yang mungkin terjadi pada semua jenis obat, baik generik maupun bermerek.

Karena zat aktifnya sama, maka profil efek sampingnya pun serupa. Jika terjadi reaksi yang tidak diinginkan, hal itu lebih sering disebabkan oleh kondisi individu pengguna atau interaksi dengan obat lain, bukan karena jenis obatnya.

#### **5.4.5 Upaya Edukasi dan Perubahan Persepsi**

Untuk mengatasi persepsi keliru ini, diperlukan edukasi publik secara berkelanjutan. Sosialisasi tentang manfaat dan keamanan obat generik dapat dilakukan melalui tenaga kesehatan, media massa, maupun komunitas. Informasi yang disampaikan harus akurat, mudah dipahami, dan tidak bersifat menggurui. Kepercayaan masyarakat terhadap obat generik akan tumbuh apabila mereka merasa terlibat dan dihargai dalam proses pengambilan keputusan terkait pengobatan mereka.

Di sisi lain, tenaga kesehatan juga memegang peranan penting dalam meluruskan informasi yang salah. Dengan memberikan penjelasan yang komprehensif dan berbasis fakta, tenaga kesehatan dapat membantu pasien membuat pilihan yang lebih tepat dalam penggunaan obat, tanpa dipengaruhi oleh mitos yang menyesatkan.

### **5.5 Latihan Soal**

1. Apa yang dimaksud dengan obat generik dan bagaimana perbedaannya dengan obat bermerek?
2. Sebutkan dua jenis obat generik dan berikan contohnya.
3. Apa manfaat utama dari penggunaan obat generik?

4. Jelaskan dua mitos tentang obat generik yang sering dipercaya masyarakat.
5. Bagaimana cara mengedukasi masyarakat mengenai keamanan dan efektivitas obat generik?

# Bab 6: Antibiotik: Obat Hebat yang Bisa Menjadi Bumerang

---

## 6.1 Pengertian dan Fungsi Antibiotik

Senyawa kimia yang dikenal sebagai antibiotik memiliki kemampuan untuk membunuh atau menghentikan perkembangan mikroorganisme, khususnya bakteri (Fymat, 2017). Antibiotik bekerja dengan cara menyerang struktur atau proses penting dalam sel bakteri seperti replikasi DNA, sintesis protein, atau dinding sel. Dengan menyerang bagian-bagian ini, antibiotik dapat menghentikan infeksi bakteri patogen, memungkinkan sistem kekebalan tubuh melanjutkan proses penyembuhan (Kohanski et al., 2010).

Sejarah antibiotik dimulai pada awal abad ke-20 dengan penemuan *penicillin*, senyawa pertama yang dikenal efektif melawan berbagai infeksi bakteri. Alexander Fleming secara tidak sengaja mengamati bahwa jamur *Penicillium notatum* mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus* di cawan laboratorium. Penemuan ini menjadi tonggak penting dalam dunia medis dan memicu revolusi pengobatan infeksi yang sebelumnya sulit diatasi, seperti pneumonia, sifilis, dan demam tifoid. Sejak saat

itu, berbagai jenis antibiotik telah dikembangkan dari sumber alami maupun sintetik, memberikan alternatif pengobatan bagi banyak jenis infeksi (Lobanovska & Pilla, 2017).

Antibiotik berfungsi sebagian besar sebagai obat untuk mengobati infeksi bakteri. Antibiotik diklasifikasikan menurut cara mereka bekerja. Misalnya, obat beta-lactam seperti penicillin dan cephalosporin menghentikan dinding sel bakteri untuk tumbuh. Golongan makrolida dan tetrasiklin, menghentikan ribosom bakteri untuk menghasilkan protein. Florokuinolon adalah salah satu contoh antibiotik yang menargetkan sintesis asam nukleat. Masing-masing dari mekanisme ini dimaksudkan untuk membasmi infeksi dengan paling efektif dan meminimalkan kerusakan pada sel tubuh manusia (Haddad et al., 2024)

Penting untuk memahami bahwa antibiotik hanya bekerja efektif terhadap infeksi yang disebabkan oleh bakteri. Infeksi virus, seperti influenza, COVID-19, atau campak, tidak dapat diobati dengan antibiotik karena virus tidak memiliki struktur biologis yang disasar oleh antibiotik. Virus tidak memiliki dinding sel atau ribosom; mereka memperbanyak diri dengan cara mengambil alih sel inang. Oleh karena itu, penggunaan antibiotik untuk infeksi virus bukan hanya tidak efektif, tetapi juga berisiko menimbulkan konsekuensi yang tidak diinginkan, seperti resistensi bakteri.

Resistensi antibiotik adalah kondisi ketika bakteri mengembangkan kemampuan untuk bertahan dari serangan antibiotik. Fenomena ini menjadi perhatian global karena dapat menyebabkan infeksi yang dulunya mudah diobati berubah menjadi

penyakit yang sulit dikendalikan. Salah satu penyebab utama resistensi adalah penggunaan antibiotik yang tidak tepat, seperti menghentikan pengobatan sebelum waktunya, menggunakan antibiotik tanpa resep, atau mengonsumsi antibiotik untuk penyakit yang tidak membutuhkan pengobatan tersebut. Ketika bakteri resisten menyebar, pilihan terapi menjadi terbatas dan risiko komplikasi meningkat (Ventola, 2015).

Antibiotik juga memiliki fungsi profilaksis, yaitu untuk mencegah infeksi dalam kondisi tertentu. Misalnya, pasien yang menjalani operasi besar atau memiliki sistem kekebalan yang lemah terkadang diberikan antibiotik untuk mencegah infeksi nosokomial. Namun, pemberian profilaksis ini harus dilakukan secara selektif dan berdasarkan pertimbangan medis yang ketat agar tidak menimbulkan risiko resistensi atau gangguan keseimbangan microbiota (Kollef et al., 2021; Monedero et al., 2020).

Selain dalam dunia medis, antibiotik juga digunakan dalam bidang pertanian dan peternakan. Penggunaannya mencakup pengobatan hewan yang sakit serta, dalam beberapa kasus, sebagai pendorong pertumbuhan (Gonzalez Ronquillo & Angeles Hernandez, 2017) . Namun, praktik ini telah menimbulkan kekhawatiran karena residu antibiotik dapat masuk ke dalam rantai makanan dan lingkungan, mempercepat penyebaran resistensi. Beberapa negara telah menetapkan regulasi ketat untuk membatasi penggunaan antibiotik pada hewan ternak agar tetap dalam batas yang aman bagi kesehatan manusia (Koutsoumanis et al., 2021; Kumar et al., 2020).

Meskipun antibiotik memiliki peran yang signifikan dalam bidang kesehatan, manfaatnya harus dimanfaatkan dengan penuh tanggung jawab. Edukasi sangat penting diberikan kepada masyarakat tentang fakta bahwa tidak semua infeksi membutuhkan antibiotik dan bahwa kepatuhan terhadap dosis dan durasi pengobatan sangat penting untuk keberhasilan terapi. Selain itu, sangat penting bagi tenaga kesehatan untuk memastikan bahwa antibiotik hanya digunakan setelah diagnosis dan pemantauan klinis yang akurat.

Di masa depan, tantangan terbesar dengan antibiotik bukanlah pembuatan mereka, tetapi mencegah mereka kehilangan efektivitas mereka yang telah ada. Upaya untuk mengedukasi masyarakat secara global, memperkuat sistem surveilans, dan mendorong riset untuk terapi alternatif tidak dapat ditunda. Jika tidak dikelola dengan bijak, dunia bisa kembali menghadapi era di mana infeksi ringan pun dapat berujung fatal karena tidak ada lagi antibiotik yang efektif untuk mengatasinya.

## **6.2 Jenis-Jenis Antibiotik dan Cara Kerjanya**

Antibiotik merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan atau membunuh bakteri penyebab infeksi. Sejak ditemukannya penisilin oleh Alexander Fleming pada tahun 1928, perkembangan berbagai jenis antibiotik telah menjadi tonggak revolusioner dalam dunia medis (Gaynes, 2017).

Dengan mekanisme kerja yang berbeda-beda, antibiotik diklasifikasikan berdasarkan target spesifik di dalam sel bakteri, seperti dinding sel, sintesis protein, hingga aktivitas enzimatis internal. Pemahaman tentang klasifikasi ini penting untuk memastikan penggunaan antibiotik yang tepat sesuai jenis infeksi (Kapoor et al., 2017).

### **6.2.1 *Penicillin*: Menghambat Sintesis Dinding Sel**

*Penicillin* merupakan golongan antibiotik pertama yang ditemukan dan bekerja dengan cara menghambat sintesis *cell wall* bakteri. Dinding sel merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup bakteri, terutama pada bakteri *gram positif* yang memiliki lapisan peptidoglikan tebal. Tanpa dinding sel yang kuat, bakteri akan mengalami lisis akibat tekanan osmotik (Dabhi et al., 2024; Selwyn, 2024).

Mekanisme kerja *penicillin* adalah dengan mengikat enzim transpeptidase, yang berperan dalam pembentukan ikatan silang pada peptidoglikan. Akibatnya, proses perakitan dinding sel terganggu, dan bakteri tidak dapat mempertahankan integritas strukturnya (Dabhi et al., 2024). *Penicillin* sangat efektif terhadap infeksi seperti pneumonia, faringitis streptokokus, dan sifilis (Allen et al., 2017).

### **6.2.2 Tetrasiklin: Menghambat Sintesis Protein**

Golongan tetrasiklin bekerja dengan cara menghambat sintesis protein bakteri. Antibiotik ini berikatan dengan subunit ribosom 30S bakteri dan menghalangi pengikatan tRNA ke kompleks mRNA-ribosom, sehingga translasi protein terhenti.

Karena protein merupakan komponen vital dalam berbagai fungsi sel, gangguan ini menyebabkan pertumbuhan bakteri terhambat (Anandabaskar, 2021; Chukwudi, 2016).

Tetrasiklin bersifat bakteriostatik, artinya tidak langsung membunuh bakteri, tetapi menghentikan pertumbuhannya sehingga sistem imun tubuh dapat menyelesaikan infeksi. Obat ini sering digunakan untuk menangani jerawat, infeksi saluran pernapasan, dan penyakit akibat *rickettsia* seperti demam tifus (Manoharan et al., 2023; Orylska-Ratynska et al., 2022).

### **6.2.3 Sefalosporin: Spektrum Luas dan Stabilitas Tinggi**

Sefalosporin adalah kelompok antibiotik yang strukturnya mirip dengan penisilin, namun memiliki spektrum aktivitas yang lebih luas dan lebih tahan terhadap enzim beta-laktamase yang sering diproduksi oleh bakteri resisten (Prescott, 2013). Antibiotik ini dibagi ke dalam beberapa generasi, dari generasi pertama yang lebih aktif terhadap gram positif, hingga generasi keempat dan kelima yang lebih efektif terhadap gram negatif dan bahkan beberapa jenis methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) (Lin & Kück, 2022).

Cara kerja sefalosporin juga melibatkan penghambatan sintesis dinding sel, mirip dengan penisilin, tetapi dengan struktur kimia yang memungkinkan daya tahan lebih tinggi terhadap degradasi enzimatis. Antibiotik ini banyak digunakan dalam infeksi saluran kemih, infeksi kulit, pneumonia, dan profilaksis bedah (Vilvanathan, 2021).

#### **6.2.4 Makrolida: Alternatif untuk Pasien Alergi Beta-Laktam**

Golongan *makrolida* bekerja dengan cara mengikat subunit ribosom 50S dan menghambat pergerakan ribosom selama proses translasi protein. Efek ini mengganggu sintesis protein esensial yang diperlukan oleh bakteri untuk tumbuh dan berkembang (Dinos, 2017).

Makrolida seperti eritromisin, klaritromisin, dan azitromisin sering digunakan untuk mengobati infeksi saluran pernapasan, infeksi kulit, serta infeksi *Helicobacter pylori* dalam regimen terapi kombinasi. Obat ini menjadi alternatif penting bagi pasien yang mengalami alergi terhadap antibiotik beta-laktam seperti penisilin dan sefalosporin (Zuckerman et al., 2011).

### **6.3 Risiko Penggunaan yang Tidak Tepat**

Meskipun antibiotik telah menyelamatkan jutaan nyawa, penggunaannya yang tidak tepat dapat menimbulkan masalah serius berupa resistensi (Fymat, 2017). Ketika bakteri berkembang kemampuan untuk menolak efek antibiotik, pengobatan menjadi kurang efektif dan risiko komplikasi meningkat. Oleh karena itu, penggunaan antibiotik harus selalu mempertimbangkan kesesuaian jenis, dosis, durasi, dan indikasi klinis (Friedman et al., 2016).

Antibiotik telah menjadi bagian penting dalam praktik pengobatan modern, khususnya dalam menangani infeksi bakteri. Namun, manfaat besar ini dapat berubah menjadi ancaman jika penggunaannya tidak dilakukan secara tepat. Salah satu konsekuensi

utama dari penggunaan yang tidak bertanggung jawab adalah munculnya resistensi bakteri, yang menyebabkan pengobatan menjadi kurang efektif bahkan gagal total (Cook & Wright, 2022).

Penggunaan antibiotik tanpa resep medis juga menjadi persoalan besar, terutama di wilayah di mana pengawasan distribusi obat masih longgar. Banyak orang yang membeli antibiotik secara bebas dari apotek atau toko obat hanya berdasarkan saran teman atau pengalaman pribadi. Padahal, tidak semua infeksi memerlukan antibiotik. Flu dan pilek, misalnya, umumnya disebabkan oleh virus dan tidak membutuhkan terapi antimikroba. Ketika antibiotik digunakan dalam kondisi semacam ini, bukan hanya tidak memberikan manfaat, tetapi juga memberikan tekanan selektif terhadap mikroorganisme lain dalam tubuh, yang lama-kelamaan bisa memicu terbentuknya resistensi (Ventola, 2015).

Praktek pemberian antibiotik untuk tujuan yang tidak relevan, seperti untuk menurunkan demam atau mengatasi rasa lelah, masih cukup umum dijumpai. Beberapa individu bahkan menggunakan sisa antibiotik dari resep sebelumnya tanpa berkonsultasi kembali. Ketidaktepatan dalam pemilihan jenis antibiotik dan durasi pengobatan seperti ini sangat rentan menimbulkan kegagalan klinis dan memperparah beban infeksi (Boyd & Al Juma, 2018).

Risiko resistensi juga diperbesar oleh penggunaan antibiotik dalam sektor non-kesehatan. Dalam industri peternakan, antibiotik sering diberikan tidak hanya untuk mengobati hewan sakit, tetapi juga untuk mempercepat pertumbuhan atau sebagai tindakan

preventif. Praktik ini dapat mencemari lingkungan dan memperluas penyebaran bakteri resisten ke dalam rantai makanan. Akibatnya, manusia bisa terpapar bakteri yang kebal melalui konsumsi daging atau air yang terkontaminasi (van Seventer & Hochberg, 2017).

Ketika resistensi sudah terbentuk, pilihan pengobatan menjadi terbatas. Obat-obatan yang dulunya efektif tidak lagi mampu mengatasi infeksi yang sama. Dalam beberapa kasus, pasien harus menjalani terapi lebih panjang, dengan antibiotik yang lebih kuat dan mahal, yang juga bisa menyebabkan efek samping lebih berat. Tidak jarang, infeksi bakteri yang resisten menyebabkan komplikasi serius seperti sepsis, gagal organ, atau bahkan kematian (Laxminarayan et al., 2013).

Selain membahayakan individu, resistensi juga menjadi ancaman terhadap sistem kesehatan secara keseluruhan. Rumah sakit harus menanggung biaya yang lebih tinggi akibat perpanjangan rawat inap dan kebutuhan untuk pengobatan lini kedua. Sementara itu, masyarakat secara umum menghadapi risiko penyebaran infeksi yang lebih cepat dan lebih sulit dikendalikan. Dalam skenario terburuk, era pasca-antibiotik bisa menjadi kenyataan, di mana infeksi sederhana kembali menjadi penyebab kematian yang lazim (Alara & Alara, 2024).

Pengendalian risiko ini menuntut kesadaran kolektif dari seluruh elemen masyarakat. Pengguna individu harus memahami pentingnya mengikuti petunjuk penggunaan antibiotik dengan disiplin. Tenaga kesehatan memiliki tanggung jawab besar dalam memberikan edukasi, serta dalam meresepkan antibiotik secara

tepat. Sementara itu, pembuat kebijakan harus memperkuat regulasi distribusi obat dan memfasilitasi sistem pelaporan penggunaan antibiotik, baik di sektor kesehatan maupun pertanian (Ancillotti et al., 2018; Krockow et al., 2019; Manyi-Loh et al., 2018).

Beberapa negara telah menerapkan strategi nasional untuk mengurangi resistensi antimikroba, salah satunya dengan menerapkan program *antimicrobial stewardship*, yang bertujuan mengoptimalkan penggunaan antibiotik agar sesuai dengan kebutuhan klinis, durasi, dan dosis yang benar. Program ini terbukti dapat menurunkan angka resistensi sekaligus mempertahankan efektivitas terapi antibiotik di masa depan (WHO, 2020).

Melalui tindakan bersama dan konsisten, risiko penggunaan antibiotik yang tidak tepat dapat ditekan, dan efektivitasnya sebagai pilar penting dalam pengobatan modern dapat terus dijaga untuk generasi mendatang.

## **6.4 Resistensi Antibiotik: Masalah Kesehatan Global**

Dalam beberapa dekade terakhir, resistensi antibiotik telah menjelma menjadi salah satu tantangan kesehatan paling mendesak di seluruh dunia. Organisasi Kesehatan Dunia menyebut fenomena ini sebagai *silent pandemic* karena dampaknya yang sangat besar namun kerap tidak terlihat secara langsung. Penyakit infeksi yang sebelumnya dapat disembuhkan dengan antibiotik standar kini menjadi lebih sulit diatasi karena mikroorganisme penyebabnya

telah mengembangkan kemampuan untuk bertahan terhadap pengobatan (Chinemerem Nwobodo et al., 2022; Talebi Bezmin Abadi et al., 2019).

Fenomena ini bukan hanya isu medis, melainkan juga menyangkut aspek sosial, ekonomi, dan keamanan global. Ketika infeksi biasa tidak lagi merespons terapi standar, maka risiko komplikasi meningkat, durasi perawatan menjadi lebih lama, dan biaya pengobatan pun melonjak tajam. Kondisi ini memperburuk ketimpangan akses terhadap layanan kesehatan, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya.

#### **6.4.1 Akar Permasalahan**

Peningkatan resistensi antibiotik tidak terjadi secara tiba-tiba. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional dalam pengobatan manusia, hewan, dan pertanian telah mempercepat laju resistensi. Konsumsi antibiotik tanpa pengawasan medis, baik karena pengobatan sendiri maupun pemberian resep yang tidak tepat, merupakan penyumbang utama masalah ini. Mikroorganisme yang terpapar antibiotik dalam jangka waktu tidak tepat atau dosis yang tidak sesuai dapat mengalami seleksi alam dan menghasilkan varian yang lebih resisten (Ventola, 2015).

Selain itu, penggunaan antibiotik sebagai aditif dalam pakan ternak telah memicu berkembangnya resistensi di lingkungan pertanian. Mikroba dari sektor peternakan dapat menyebar ke manusia melalui rantai makanan, kontak langsung, atau pencemaran lingkungan. Akumulasi dari paparan antibiotik yang luas ini

menciptakan tekanan seleksi yang tinggi dan mempercepat munculnya strain mikroba yang kebal terhadap banyak jenis antibiotik sekaligus, dikenal sebagai *multi-drug resistant organisms* (MDRO) (Di Lodovico et al., 2022).

#### **6.4.2 Dampak yang Semakin Meluas**

Konsekuensi dari resistensi antibiotik kini mulai dirasakan secara nyata di berbagai sektor. Di rumah sakit, infeksi nosokomial akibat bakteri resisten seperti *Klebsiella pneumoniae* dan *Acinetobacter baumannii* menjadi semakin sulit ditangani. Kematian yang sebelumnya dapat dicegah kini menjadi tak terelakkan. Prosedur medis yang bergantung pada antibiotik profilaksis, seperti operasi besar dan transplantasi organ, juga menjadi lebih berisiko (Perez et al., 2010).

Bahkan penyakit umum seperti infeksi saluran kemih atau pneumonia kini membutuhkan lini antibiotik yang lebih kuat dan mahal. Beberapa infeksi telah menunjukkan resistensi terhadap hampir semua kelas antibiotik yang tersedia, mengancam kembalinya era pra-antibiotik di mana luka ringan pun bisa berakibat fatal (Muteeb et al., 2023).

#### **6.4.3 Upaya Global dan Pengawasan Bijak**

Menghadapi ancaman ini, upaya global harus difokuskan pada penguatan sistem pengawasan terhadap penggunaan antibiotik. Untuk mengatasi hal ini, berbagai upaya global telah dilakukan, antara lain:

1. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) menetapkan rencana aksi global dengan 5 tujuan utama:

- a. Meningkatkan kesadaran tentang resistensi antimikroba.
  - b. Memperkuat surveilans dan riset.
  - c. Mengurangi infeksi melalui kebersihan, vaksinasi, dsb.
  - d. Menggunakan antibiotik secara bijak.
  - e. Meningkatkan investasi dalam pengembangan antibiotik baru (Munkholm & Rubin, 2020).
2. Pengawasan dan Pelaporan Global
- GLASS (Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System) (Ajulo & Awosile, 2024)
3. Kampanye Edukasi Internasional :
- a. World Antimicrobial Awareness Week (WAAW) setiap tahun (Keitoku et al., 2021).
  - b. Edukasi ke tenaga medis dan masyarakat soal pentingnya penggunaan antibiotik yang tepat.

Di tingkat nasional dan institusional, pengawasan bijak dikenal sebagai Antimicrobial Stewardship. Tujuannya adalah memastikan antibiotik digunakan dengan tepat, hanya bila memang diperlukan, dan dengan dosis yang tepat (Dyar et al., 2017).

Komponen kunci pengawasan penggunaan antibiotik :

- 1. Preskripsi Berdasarkan Diagnosis Akurat  
Antibiotik hanya diberikan jika infeksi terbukti disebabkan oleh bakteri.
- 2. Panduan Klinis & Formularium  
Tenaga kesehatan mengikuti panduan berbasis bukti untuk memilih jenis dan dosis antibiotik.

3. **Monitoring dan Audit**

Rumah sakit melakukan pemantauan terhadap penggunaan antibiotik dan efeknya.

4. **Pelatihan Tenaga Kesehatan**

Edukasi berkelanjutan agar dokter dan apoteker memahami pentingnya penggunaan rasional.

5. **Larangan Penggunaan Bebas**

Di banyak negara, termasuk Indonesia, antibiotik tidak boleh dibeli tanpa resep dokter.

6. **Pengendalian di Sektor Peternakan**

Penggunaan antibiotik untuk mempercepat pertumbuhan hewan sudah dilarang di banyak negara (Diallo et al., 2020).

## **6.5 Prinsip Penggunaan Antibiotik yang Bijak**

Penggunaan antibiotik secara bijak bertujuan untuk mengobati infeksi dengan tepat, mencegah resistensi dan melindungi efektivitas antibiotik untuk masa depan (Bottalico et al., 2022).

1. **Tepat Indikasi**

- a. Antibiotik hanya digunakan untuk infeksi bakteri.
- b. Tidak efektif untuk infeksi virus seperti flu, batuk ringan, atau sebagian besar sakit tenggorokan.

2. **Tepat Obat (Spektrum)**

- a. Gunakan antibiotik dengan spektrum sesempit mungkin agar tidak mengganggu flora normal tubuh.

- b. Spektrum luas hanya untuk kasus berat atau ketika patogen belum teridentifikasi.

### **3. Tepat Dosis dan Durasi**

- a. Dosis harus sesuai dengan berat badan, usia, dan fungsi organ pasien.
- b. Durasi terapi harus cukup untuk membunuh bakteri, tetapi tidak berlebihan agar tidak memicu resistensi.

### **4. Tepat Waktu Pemberian**

Antibiotik diberikan segera setelah infeksi bakteri dikonfirmasi, atau dalam kondisi tertentu, segera saat infeksi berat dicurigai (misalnya sepsis).

### **5. Tepat Cara Pemberian**

Pemilihan bentuk sediaan (oral, injeksi, topikal) disesuaikan dengan kondisi pasien dan infeksi (Dryden et al., 2011).

Berikut adalah faktor – faktor pendukung yang juga penting terhadap penggunaan antibiotik :

#### **1. Diagnosis Berdasarkan Bukti**

Harus ada konfirmasi laboratorium (kultur, uji sensitivitas) atau kriteria klinis yang mendukung.

#### **2. Edukasi Pasien**

Pasien perlu tahu bahwa:

- a. Antibiotik harus dihabiskan sesuai anjuran.
- b. Tidak boleh menyimpan sisa antibiotik untuk digunakan lain waktu.
- c. Tidak berbagi antibiotik dengan orang lain.

### 3. Pengawasan oleh Tenaga Kesehatan

Rumah sakit memiliki tim Antimicrobial Stewardship untuk memantau penggunaan antibiotik (Ancillotti et al., 2018).

Konsekuensi yang muncul akibat penggunaan antibiotik yang tidak bijak antara lain :

1. Munculnya superbug (bakteri yang sangat resisten).
2. Perawatan infeksi menjadi lebih lama, lebih mahal, bahkan mematikan.
3. Antibiotik generasi lama menjadi tidak berguna lagi (Ajulo & Awosile, 2024).

## 6.6 Latihan Soal

1. Jelaskan perbedaan antara infeksi bakteri dan virus dalam konteks penggunaan antibiotik.
2. Sebutkan tiga jenis antibiotik dan cara kerjanya.
3. Apa saja penyebab utama terjadinya resistensi antibiotik?
4. Mengapa resistensi antibiotik dianggap sebagai ancaman global?
5. Sebutkan prinsip-prinsip penggunaan antibiotik yang bijak.

# Bab 7: Dunia Kosmetik

## Farmasi: Antara Kecantikan dan Sains

---

### 7.1 Definisi Kosmetik Farmasi

Kosmetik farmasi merupakan kategori produk yang berada di perbatasan antara kebutuhan estetika dan kesehatan kulit. Ia dirancang tidak hanya untuk memperindah penampilan secara permukaan, tetapi juga untuk memberikan manfaat fungsional dan terapeutik yang nyata. Produk semacam ini mencerminkan perpaduan antara seni merawat diri dan ketelitian ilmiah dalam pemilihan bahan, formulasi, serta pengujian mutu. Dalam praktiknya, kosmetik farmasi digunakan untuk merawat kulit, rambut, dan kuku dengan pendekatan yang lebih presisi dan berbasis hasil yang dapat diukur.

Berbeda dari kosmetik konvensional yang bertujuan utama untuk mempercantik secara sementara, kosmetik farmasi juga bekerja pada tingkat biologis untuk memperbaiki atau mempertahankan fungsi normal jaringan tubuh, terutama kulit. Misalnya, krim anti-aging dalam kategori ini tidak hanya memberikan efek halus secara visual, tetapi mengandung bahan aktif seperti *retinoid*, *peptides*, atau *niacinamide* yang telah dikenal secara

luas mampu menstimulasi regenerasi sel dan memperkuat struktur kulit (Draelos, 2016). Begitu pula dengan produk perawatan rambut yang mengandung zat penguat folikel atau penghambat produksi sebum berlebih.

Kekuatan utama kosmetik farmasi terletak pada formulasi yang memperhatikan aspek keamanan, stabilitas, dan efektivitas klinis. Pemilihan bahan aktif dilakukan berdasarkan data ilmiah mengenai aktivitas farmakologisnya pada jaringan target. Proses ini tidak hanya mempertimbangkan efek utama, tetapi juga kemungkinan iritasi, alergi, dan interaksi antar bahan. Oleh karena itu, pengembangan produk kosmetik farmasi melibatkan analisis mendalam terhadap struktur kulit dan mekanisme kerja bahan yang digunakan.

Standar keamanan dalam kosmetik farmasi biasanya lebih ketat dibandingkan kosmetik biasa. Produk ini dirancang untuk penggunaan jangka panjang, bahkan pada kulit sensitif, sehingga stabilitas pH, pengawet, dan bahan pewangi harus dikontrol dengan cermat. Sebagai contoh, produk yang mengandung *alpha hydroxy acids* (AHA) untuk eksfoliasi harus disesuaikan konsentrasinya agar tidak menimbulkan iritasi. Di samping itu, kemasan juga dirancang untuk meminimalkan kontaminasi dan degradasi bahan aktif akibat paparan cahaya atau udara.

Manfaat fungsional kosmetik farmasi meliputi berbagai aspek, seperti hidrasi mendalam, perlindungan dari sinar ultraviolet, pengurangan hiperpigmentasi, pengendalian jerawat, hingga pencegahan penuaan dini. Setiap klaim yang tercantum dalam

produk idealnya didukung oleh uji *in vitro*, uji klinis berskala kecil, atau setidaknya bukti farmakodinamik dari bahan aktifnya. Dengan demikian, kepercayaan konsumen terhadap produk ini diperoleh bukan hanya dari promosi visual, tetapi juga dari hasil nyata dan konsistensi penggunaan.

Dalam beberapa kasus, kosmetik farmasi menjadi bagian dari rangkaian perawatan medis. Pasien dengan kondisi seperti rosacea, dermatitis atopik, atau hiperpigmentasi pascainflamasi sering kali disarankan menggunakan produk dari kategori ini karena kemampuannya untuk memberikan perawatan tambahan tanpa menimbulkan efek samping yang berat. Produk seperti pembersih wajah non-irritan, pelembap dengan ceramide, atau serum penguat skin barrier sangat umum digunakan dalam konteks tersebut (Kanitakis, 2002).

Pasar kosmetik farmasi juga menunjukkan perkembangan yang signifikan seiring meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan kulit yang menyeluruh. Masyarakat kini tidak hanya mengejar tampilan kulit yang cerah, tetapi juga memperhatikan tekstur, elastisitas, dan fungsi pelindung alami kulit. Oleh karena itu, konsumen menjadi lebih kritis terhadap kandungan produk, termasuk asal bahan, teknik pengujian, dan bukti manfaatnya. Ini mendorong produsen untuk semakin transparan dan berorientasi pada hasil yang dapat dibuktikan secara ilmiah.

Selain itu, kosmetik farmasi juga berperan dalam perawatan preventif. Dengan pemakaian yang tepat dan rutin, produk ini dapat membantu mencegah gangguan kulit yang mungkin timbul akibat

polusi, stres, paparan sinar matahari, dan pola hidup yang tidak seimbang. Produk seperti tabir surya dengan *broad spectrum protection*, serum antioksidan, dan pelembap dengan *hyaluronic acid* menjadi andalan dalam melindungi kulit dari kerusakan yang dapat bersifat kumulatif dan sulit diperbaiki bila sudah terjadi.

Dengan segala kelebihanannya, kosmetik farmasi tidak dapat dipisahkan dari prinsip kehati-hatian. Meski banyak di antaranya dijual bebas, pemilihan dan penggunaannya sebaiknya tetap didasarkan pada kebutuhan kulit yang spesifik. Dalam beberapa kondisi, konsultasi dengan tenaga profesional seperti apoteker atau dokter dapat membantu memastikan bahwa produk yang digunakan sesuai dengan kondisi kulit dan tidak menimbulkan efek yang tidak diinginkan.

## **7.2 Bahan Aktif dalam Kosmetik Farmasi**

Kosmetik farmasi atau *cosmeceuticals* adalah produk perawatan kulit yang menggabungkan aspek kosmetik dengan manfaat terapeutik. Berbeda dengan kosmetik konvensional yang hanya berfungsi mempercantik penampilan, kosmetik farmasi mengandung bahan aktif yang mampu memengaruhi struktur atau fungsi kulit. Tujuannya adalah menangani masalah dermatologis ringan hingga sedang seperti jerawat, penuaan dini, hiperpigmentasi, kulit kusam, dan inflamasi ringan. Keberhasilan formulasi kosmetik farmasi sangat dipengaruhi oleh pemilihan bahan aktif yang tepat,

dengan mempertimbangkan stabilitas kimia, daya penetrasi ke dalam lapisan kulit, serta risiko iritasi atau reaksi yang tidak diinginkan.

### **7.2.1 Retinoid: Regenerasi Sel dan Anti-Penuaan**

*Retinoid* merupakan turunan vitamin A yang telah terbukti efektif dalam merangsang regenerasi sel kulit, meningkatkan produksi kolagen, dan memperbaiki tekstur kulit. Bahan ini sangat populer untuk penanganan jerawat dan tanda-tanda penuaan seperti garis halus dan hiperpigmentasi. Bentuk umum retinoid dalam produk topikal antara lain *retinol*, *retinaldehyde*, dan *tretinoin*.

Mekanisme kerja *retinoid* adalah dengan meningkatkan pergantian sel epidermis dan mendorong sintesis kolagen di lapisan dermis. Namun, penggunaannya harus dilakukan secara bertahap karena dapat menimbulkan efek iritasi seperti kemerahan dan pengelupasan kulit, terutama pada individu dengan kulit sensitif (Kafi et al., 2007).

### **7.2.2 Asam Salisilat: Eksfoliasi dan Anti-Inflamasi**

*Asam salisilat* adalah bahan aktif dari golongan *beta hydroxy acid (BHA)* yang larut dalam lemak dan mampu menembus pori-pori. Kemampuan ini menjadikan asam salisilat sangat efektif dalam mengatasi jerawat, terutama tipe komedo dan jerawat ringan hingga sedang. Ia bekerja dengan cara meluruhkan sel kulit mati, mengurangi penyumbatan pori, dan menekan peradangan lokal.

Keunggulan lain dari *asam salisilat* adalah sifat keratolitik dan antiinflamasi yang membantu menenangkan kulit tanpa merusak lapisan pelindung alami. Namun, penggunaan dalam konsentrasi

tinggi perlu dikontrol karena dapat menyebabkan iritasi, terutama pada kulit kering atau sensitif.

### **7.2.3 Niacinamide: Multifungsi dan Toleran**

*Niacinamide*, juga dikenal sebagai vitamin B3, merupakan bahan aktif yang terkenal karena tolerabilitasnya yang tinggi dan manfaatnya yang luas. Ia membantu memperkuat *skin barrier*, mengurangi produksi sebum, menyamarkan noda hitam, dan meredakan inflamasi. Kombinasi sifat ini menjadikan *niacinamide* efektif untuk berbagai kondisi kulit, dari jerawat hingga tanda-tanda penuaan.

Berbeda dengan bahan aktif yang bersifat asam atau eksfoliatif, *niacinamide* dapat digunakan oleh hampir semua jenis kulit, termasuk yang sensitif. Selain itu, ia juga memiliki efek antioksidan dan mendukung hidrasi kulit dengan meningkatkan produksi ceramide dalam stratum korneum (Draelos, 2013).

### **7.2.4 Peptida: Stimulan Pembentukan Kolagen**

*Peptida* adalah rantai pendek asam amino yang dapat merangsang produksi kolagen dan elastin di kulit. Mereka bekerja sebagai sinyal biologis untuk memperbaiki jaringan yang rusak dan meningkatkan elastisitas kulit. Produk yang mengandung *peptide complexes* biasanya ditujukan untuk perawatan anti-aging karena membantu mengencangkan kulit dan mengurangi kerutan halus.

Contoh populer dari peptida yang digunakan dalam kosmetik farmasi adalah *matrixyl* dan *copper peptides*. Penggunaan secara rutin dapat menghasilkan perbaikan bertahap dalam tekstur dan

kekencangan kulit, meskipun hasilnya tidak secepat bahan aktif seperti *retinoid*.

### **7.2.5 Pertimbangan dalam Formulasi**

Selain efektivitas, formulasi kosmetik farmasi harus memperhatikan kestabilan bahan aktif selama penyimpanan, kemampuan bahan untuk menembus lapisan kulit secara efektif, dan interaksi antar bahan dalam satu formula. Misalnya, *retinoid* bersifat sensitif terhadap cahaya dan udara, sehingga perlu disimpan dalam kemasan kedap cahaya dan udara. Demikian pula, beberapa bahan aktif tidak boleh digabungkan dalam satu produk karena dapat menyebabkan iritasi atau saling menonaktifkan.

Selain itu, setiap individu memiliki toleransi kulit yang berbeda. Oleh karena itu, uji coba bertahap atau konsultasi dengan profesional kesehatan kulit penting dilakukan sebelum memilih produk dengan bahan aktif tertentu. Formulasi yang tepat tidak hanya menghasilkan hasil yang optimal, tetapi juga meminimalkan risiko reaksi yang merugikan.

## **7.3 Formulasi dan Stabilitas Produk**

Dalam dunia kosmetik farmasi, formulasi merupakan aspek krusial yang menentukan keamanan, efektivitas, dan daya saing suatu produk. Formulasi tidak sekadar mencampurkan berbagai bahan, tetapi membutuhkan pemahaman yang mendalam tentang karakteristik kimia dan fisik dari setiap komponen. Tujuan utamanya adalah menghasilkan produk yang stabil, estetik, dan mampu

memberikan manfaat sesuai klaim yang dijanjikan, tanpa menimbulkan iritasi atau risiko lain bagi pengguna.

Langkah awal dalam proses formulasi adalah pemilihan **bahan dasar** atau *base ingredients*. Komponen ini membentuk struktur utama produk dan berfungsi sebagai medium bagi zat aktif. Dalam kosmetik berbentuk krim atau lotion, bahan dasar biasanya berupa kombinasi air dan minyak, yang perlu disatukan dengan bantuan pengemulsi agar tetap homogen. Pemilihan bahan dasar harus mempertimbangkan jenis kulit target, kestabilan terhadap suhu, dan kompatibilitas dengan zat aktif yang digunakan.

**Pengemulsi** memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas sistem emulsi. Tanpa pengemulsi, air dan minyak akan terpisah seiring waktu, menyebabkan perubahan tekstur dan penurunan kualitas. Pengemulsi seperti *cetyl alcohol*, *polysorbate*, atau *glyceryl stearate* banyak digunakan dalam industri kosmetik karena kemampuannya menjaga konsistensi dan memberikan sensasi lembut saat diaplikasikan. Selain stabilitas, pemilihan pengemulsi juga harus mempertimbangkan potensi iritasi dan nilai estetika produk akhir.

**Pengawet** juga merupakan komponen penting dalam formulasi. Produk kosmetik berbasis air sangat rentan terhadap kontaminasi mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Oleh karena itu, pengawet ditambahkan untuk mencegah pertumbuhan mikroba selama penyimpanan dan penggunaan. Contoh pengawet yang umum digunakan antara lain *phenoxyethanol*, *parabens*, dan *benzyl alcohol*. Namun, tren konsumen terhadap produk *paraben-free*

mendorong produsen untuk mengeksplorasi alternatif yang lebih ramah kulit dan tetap efektif (Draelos, 2021).

Selain itu, **pH produk** harus disesuaikan dengan kebutuhan kulit dan kestabilan bahan aktif. Sebagian besar produk kosmetik diformulasikan dalam rentang pH 4,5 hingga 6,5 untuk menyesuaikan dengan pH alami kulit dan menghindari gangguan pada *skin barrier*. pH juga memengaruhi efektivitas zat aktif seperti *ascorbic acid* atau *alpha hydroxy acids*, yang hanya stabil dan efektif pada rentang keasaman tertentu.

Setelah formulasi dasar disusun, langkah penting berikutnya adalah memastikan **stabilitas fisik dan kimia** dari produk. Stabilitas fisik mencakup aspek seperti warna, bau, viskositas, serta kestabilan bentuk fisik emulsi. Sementara itu, stabilitas kimia berkaitan dengan kemampuan zat aktif mempertahankan struktur molekulnya dalam jangka waktu tertentu tanpa mengalami degradasi.

Untuk memastikan stabilitas, dilakukan serangkaian **uji stabilitas** di bawah kondisi yang disimulasikan mendekati atau bahkan melebihi kondisi ekstrem yang mungkin dialami produk selama distribusi dan penyimpanan. Uji dilakukan pada berbagai tingkat suhu (misalnya 25°C, 40°C) dan kelembaban (misalnya 60% RH, 75% RH) selama periode tertentu, biasanya antara tiga hingga enam bulan, tergantung kebutuhan. Selain itu, dilakukan pula *accelerated stability test* untuk memprediksi daya tahan produk dalam waktu lebih singkat (Pérez et al., 2020).

Produk yang menunjukkan perubahan warna, bau, pemisahan fasa, atau penurunan kadar zat aktif secara signifikan

selama pengujian dianggap tidak stabil dan perlu reformulasi. Hasil dari uji stabilitas menjadi dasar dalam menentukan tanggal kedaluwarsa, teknik penyimpanan, dan kemasan yang digunakan.

Pemilihan **kemasan** juga tidak terlepas dari aspek stabilitas. Kemasan yang baik mampu melindungi produk dari cahaya, udara, dan kelembaban, yang semuanya dapat mempercepat degradasi bahan aktif. Oleh karena itu, bahan kemasan seperti *airless pump*, botol kaca berwarna gelap, atau *laminated tubes* sering digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk.

Di tengah tren kosmetik yang semakin berkembang ke arah produk *natural*, tantangan dalam menjaga stabilitas semakin kompleks. Bahan alami cenderung memiliki umur simpan yang lebih pendek dan rentan terdegradasi. Oleh karena itu, inovasi dalam teknologi enkapsulasi, penggunaan antioksidan alami, dan sistem pengemulsi canggih menjadi kunci dalam menjaga kinerja produk berbasis bahan alami.

Dengan demikian, formulasi dan stabilitas merupakan dua aspek yang tidak bisa dipisahkan dalam pengembangan kosmetik farmasi. Keduanya memastikan bahwa produk tidak hanya efektif saat pertama kali diproduksi, tetapi juga tetap aman, stabil, dan memberikan manfaat optimal sepanjang masa simpannya.

## 7.4 Uji Keamanan dan Efikasi

Kosmetik farmasi, atau dikenal juga sebagai *cosmeceuticals*, menempati posisi unik antara produk kosmetik dan produk

terapeutik. Meskipun secara hukum tidak dikategorikan sebagai obat, produk ini mengandung bahan aktif yang dirancang untuk memberikan manfaat biologis pada kulit. Oleh karena itu, penting bagi setiap produk yang dipasarkan untuk memenuhi kriteria keamanan dan efektivitas. Uji keamanan dan efikasi menjadi tahap kritis dalam pengembangan produk guna menjamin perlindungan konsumen dari risiko yang tidak diinginkan.

#### **7.4.1 Uji Keamanan**

Aspek keamanan merupakan prioritas utama dalam pengembangan kosmetik farmasi. Salah satu bentuk pengujian dasar adalah *skin irritation test*, yang bertujuan untuk mengetahui potensi bahan atau formulasi dalam menimbulkan iritasi pada kulit manusia. Uji ini dilakukan dengan mengaplikasikan produk pada area kulit tertentu, biasanya di lengan bagian dalam atau punggung, kemudian diamati adanya reaksi kemerahan, gatal, atau perubahan tekstur kulit dalam waktu tertentu.

Selain itu, dilakukan pula *patch test* untuk mengevaluasi kemungkinan reaksi alergi. Tes ini melibatkan aplikasi produk dalam konsentrasi tertentu pada kulit yang ditutup selama 24–48 jam. Reaksi yang muncul dapat menunjukkan sensitivitas atau alergi terhadap salah satu komponen dalam formulasi. Uji semacam ini penting, terutama karena beberapa bahan aktif, seperti asam alfa hidroksi (*alpha hydroxy acids*), retinoid, atau bahan pewangi sintetis, memiliki potensi iritan yang tinggi pada individu sensitif (Basketter et al., 2012).

Dalam praktik internasional, prinsip *in vitro* kini semakin banyak digunakan sebagai alternatif dari uji *in vivo* pada hewan. Beberapa negara bahkan melarang pengujian kosmetik pada hewan dan menggantinya dengan teknologi seperti *reconstructed human epidermis* (RHE) dan uji sitotoksitas. Penggunaan teknik ini tidak hanya mengurangi potensi risiko etika, tetapi juga mempercepat proses pengujian tanpa mengorbankan akurasi hasil.

#### **7.4.2 Uji Efikasi**

Selain terbukti aman, produk kosmetik farmasi juga harus menunjukkan bahwa klaim manfaat yang disampaikan kepada konsumen dapat dibuktikan secara nyata. Uji efikasi dilakukan untuk menilai apakah produk mampu memberikan efek yang dijanjikan, seperti melembapkan kulit, mencerahkan warna kulit, mengurangi kerutan, atau menghilangkan jerawat.

Pengujian ini dilakukan dengan berbagai teknik, mulai dari pengamatan visual hingga penggunaan instrumen objektif. Misalnya, kelembapan kulit dapat diukur dengan alat *corneometer*, elastisitas dinilai dengan *cutometer*, dan pigmentasi dianalisis melalui *colorimeter* atau *spectrophotometer*. Efek anti-penuaan juga dapat diukur dengan teknologi *3D skin imaging* yang merekam perubahan kontur kulit secara detail selama penggunaan produk.

Durasi uji efikasi biasanya berlangsung selama beberapa minggu hingga bulan, tergantung pada klaim yang ingin dibuktikan. Subjek uji terdiri dari relawan dengan karakteristik kulit tertentu, dan seluruh proses dikawal oleh protokol etis serta persetujuan informasi tertulis dari peserta.

Efikasi juga dinilai melalui persepsi pengguna, yang dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur. Pendekatan ini penting karena efek kosmetik sering kali bersifat subjektif dan sangat dipengaruhi oleh pengalaman individu. Kombinasi antara hasil objektif dan tanggapan subjektif memberikan gambaran menyeluruh mengenai keberhasilan produk.

#### **7.4.3 Standar Regulasi**

Di Indonesia, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menetapkan regulasi yang mengatur proses evaluasi keamanan dan manfaat produk kosmetik. Sebelum diedarkan, produsen harus melaporkan komposisi lengkap produk, termasuk data keamanan bahan aktif dan hasil uji yang relevan. BPOM juga memiliki sistem notifikasi daring yang digunakan untuk pelaporan produk sebelum distribusi.

Pada tingkat global, regulasi seperti *EU Cosmetics Regulation* dan pedoman dari *U.S. Food and Drug Administration* (FDA) memberikan kerangka yang lebih ketat, terutama bagi produk yang diklaim memiliki efek terapeutik. Produsen yang ingin memasarkan produk di pasar internasional wajib memahami dan mematuhi persyaratan ini agar produk mereka dapat diterima secara global (Draelos, 2016).

### **7.5 Perkembangan Teknologi Kosmetik**

Kosmetik tidak lagi sekadar berfungsi sebagai penghias wajah atau penambah daya tarik visual. Dalam beberapa dekade

terakhir, terjadi pergeseran besar dalam cara kosmetik diformulasikan, digunakan, dan diposisikan dalam dunia perawatan kulit. Teknologi kosmetik kini tidak hanya berfokus pada penampilan luar, tetapi juga pada kesehatan dan fungsi kulit secara menyeluruh. Hal ini ditandai dengan masuknya konsep *cosmeceuticals* — produk kosmetik yang mengandung bahan aktif dengan potensi terapeutik — ke dalam praktik dermatologi modern.

### **7.5.1 Nanoteknologi dan Penghantaran Bahan Aktif**

Salah satu inovasi terpenting dalam bidang kosmetik adalah penggunaan *nanotechnology*. Teknologi ini memungkinkan bahan aktif diubah menjadi partikel berukuran nano, sehingga dapat menembus lapisan epidermis dengan lebih efisien. Ukuran partikel yang sangat kecil memperbesar rasio luas permukaan bahan, memungkinkan kontak yang lebih merata dengan kulit, serta meningkatkan stabilitas zat aktif yang sebelumnya sulit diformulasikan secara stabil dalam media kosmetik.

Nanopartikel digunakan untuk mengangkut berbagai senyawa aktif seperti vitamin C, koenzim Q10, dan *retinoid*, yang sering kali mengalami degradasi akibat paparan udara atau sinar UV. Dengan sistem ini, bahan aktif dapat diproteksi hingga mencapai target area di kulit, sekaligus mengurangi risiko iritasi yang mungkin terjadi akibat paparan langsung terhadap bahan aktif dalam konsentrasi tinggi (Filipe et al., 2010).

### **7.5.2 Liposom dan Sistem Pelepasan Bertarget**

Selain nanopartikel, *liposomes* juga menjadi kendaraan populer dalam sistem penghantaran bahan aktif. Liposom adalah

vesikel mikroskopik yang terbuat dari lapisan fosfolipid, mirip dengan struktur membran sel manusia. Struktur ini memungkinkan liposom menyatu dengan sel kulit, sehingga membawa kandungan zat aktif masuk lebih dalam secara alami.

Teknologi liposom kerap digunakan dalam produk anti-penuaan dan pemutih kulit, karena mampu menghantarkan bahan aktif secara perlahan dan terkontrol. Mekanisme ini dikenal sebagai *controlled release system*, yang tidak hanya meningkatkan efektivitas bahan, tetapi juga menjaga kenyamanan dan keamanan pengguna. Penggunaan sistem pelepasan bertarget ini juga mengurangi kebutuhan akan konsentrasi tinggi, sehingga lebih ramah terhadap kulit sensitif.

Sistem pelepasan bertahap juga menguntungkan dari segi efisiensi formulasi. Produk yang menggunakan teknologi ini tidak memerlukan aplikasi berulang dalam waktu singkat, sehingga memberikan efek tahan lama dengan frekuensi penggunaan yang lebih sedikit.

### **7.5.3 Integrasi Kosmetik dan Dermatologi**

Perkembangan teknologi kosmetik telah menciptakan jalur baru yang mengaburkan batas antara kosmetik dan terapi dermatologi. Produk *cosmeceuticals* kini banyak digunakan dalam perawatan masalah kulit seperti hiperpigmentasi, jerawat, dan kulit sensitif. Formulasi ini mengandung senyawa aktif seperti *niacinamide*, *azelaic acid*, atau *peptides* yang memiliki efek biologis nyata terhadap kulit.

Dermatolog banyak menggunakan produk berbasis teknologi tinggi ini sebagai pelengkap terapi medis, karena efeknya yang mendukung regenerasi kulit, memperbaiki sawar kulit, serta membantu mencegah kekambuhan gejala. Bahkan, beberapa rumah sakit dan klinik dermatologi telah mengembangkan lini produk kosmetik sendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan pasien berdasarkan jenis kulit, kondisi geografis, dan sensitivitas individu.

Kosmetik farmasi juga menunjukkan potensi dalam mendukung terapi non-invasif seperti *laser resurfacing* dan *chemical peeling*. Produk-produk ini mempercepat pemulihan kulit pascatindakan serta membantu mempertahankan hasil perawatan dalam jangka panjang (Kaur & Agrawal, 2007).

#### **7.5.4 Tantangan dan Etika Inovasi**

Meski teknologinya berkembang pesat, industri kosmetik tetap menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kejelasan regulasi. Karena berada di antara kategori kosmetik dan terapi, *cosmeceuticals* kerap tidak diatur secara ketat sebagaimana obat, meskipun efeknya bisa signifikan. Hal ini membuka ruang bagi klaim berlebihan yang tidak selalu sesuai dengan hasil nyata.

Selain itu, penggunaan teknologi tinggi seperti *nanomaterials* juga memunculkan kekhawatiran terhadap keamanan jangka panjang. Ukuran partikel yang sangat kecil memungkinkan penetrasi tidak hanya ke kulit, tetapi juga ke sistem sirkulasi, yang dalam beberapa kasus dapat menimbulkan efek sistemik. Oleh karena itu, diperlukan pengawasan ketat terhadap keamanan dan

transparansi dalam pengujian sebelum produk diluncurkan ke pasar (Nohynek et al., 2007).

## **7.6 Latihan Soal**

1. Apa yang membedakan kosmetik farmasi dengan kosmetik biasa?
2. Sebutkan beberapa contoh bahan aktif yang digunakan dalam kosmetik farmasi dan fungsinya.
3. Mengapa stabilitas produk penting dalam formulasi kosmetik?
4. Jelaskan jenis-jenis uji keamanan yang harus dilakukan sebelum produk dipasarkan.
5. Bagaimana teknologi seperti nanoteknologi meningkatkan efektivitas kosmetik farmasi?

# **Bab 8: Vaksin dan Misinformasi: Tugas Berat Farmasis**

---

## **8.1 Peran Penting Vaksinasi dalam Kesehatan Masyarakat**

Vaksinasi memegang peran sentral dalam upaya global menjaga kesehatan masyarakat melalui pencegahan penyakit menular. Sejak diperkenalkan, vaksin telah menjadi salah satu inovasi medis paling sukses dalam sejarah, menyelamatkan jutaan nyawa setiap tahun. Proses ini bekerja dengan cara merangsang sistem imun untuk mengenali dan melawan patogen tertentu, tanpa menyebabkan penyakit itu sendiri. Dengan demikian, tubuh menjadi siap dan mampu memberikan perlindungan jika kelak terpapar patogen yang sebenarnya.

Salah satu kontribusi paling penting dari vaksinasi adalah pembentukan kekebalan komunitas atau *herd immunity*. Kekebalan ini tercapai ketika sebagian besar anggota masyarakat telah divaksinasi, sehingga penyebaran penyakit menjadi terbatas bahkan terhadap individu yang tidak bisa divaksin, seperti bayi baru lahir, lansia, atau orang dengan gangguan sistem kekebalan. Semakin

tinggi cakupan imunisasi di suatu wilayah, semakin kecil kemungkinan terjadinya wabah penyakit menular. Ini bukan hanya perlindungan individu, melainkan tindakan kolektif yang berdampak luas terhadap keselamatan publik.

Vaksinasi juga terbukti sangat efisien dari segi biaya dan sumber daya. Upaya pencegahan melalui imunisasi menghindarkan beban ekonomi besar akibat perawatan jangka panjang, kehilangan produktivitas kerja, serta gangguan sosial yang muncul saat terjadi wabah. Menurut laporan World Health Organization (WHO, 2023), vaksinasi mencegah sekitar 4–5 juta kematian per tahun secara global, dan angka ini diperkirakan bisa meningkat seiring peningkatan cakupan vaksinasi dan distribusi yang merata. Bahkan, penyakit seperti cacar sudah berhasil diberantas berkat program vaksinasi massal yang berkelanjutan.

Selain itu, vaksinasi memiliki peran besar dalam mengendalikan penyakit yang memiliki dampak serius terhadap kelompok rentan. Penyakit seperti campak, difteri, pertusis, influenza, dan COVID-19 dapat mengakibatkan komplikasi berat, terutama pada bayi, ibu hamil, lansia, dan individu dengan kondisi medis tertentu. Dalam konteks ini, vaksin menjadi pelindung utama yang membantu menurunkan angka kesakitan dan kematian secara signifikan.

Namun demikian, tantangan terhadap vaksinasi masih terus muncul. Mispersepsi, kurangnya informasi, serta penyebaran *hoax* melalui media sosial menjadi hambatan serius dalam meningkatkan cakupan vaksinasi, khususnya di daerah dengan tingkat literasi

kesehatan rendah. Oleh karena itu, edukasi masyarakat secara terus-menerus diperlukan untuk membangun kepercayaan terhadap manfaat vaksin. Tenaga kesehatan, tokoh masyarakat, dan media memiliki peran besar dalam menyampaikan informasi yang akurat, transparan, dan berbasis sains kepada publik.

Selain dari aspek teknis dan medis, vaksinasi juga merepresentasikan nilai solidaritas sosial. Dengan memilih untuk divaksin, seseorang tidak hanya melindungi dirinya sendiri, tetapi juga berkontribusi dalam menciptakan lingkungan yang lebih aman bagi semua orang. Di tengah tantangan kesehatan global yang terus berkembang, seperti munculnya varian baru virus atau ancaman penyakit zoonotik, komitmen terhadap vaksinasi yang berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak dalam menjaga stabilitas sistem kesehatan masyarakat.

Vaksinasi memiliki banyak dampak positif, baik dari segi kesehatan individu maupun masyarakat luas. Berikut adalah beberapa dampak positif vaksinasi:

### **1. Perlindungan Individu dari Penyakit**

- a. Vaksin merangsang sistem kekebalan tubuh untuk melawan penyakit tertentu.
- b. Mencegah infeksi serius seperti campak, polio, hepatitis, TBC, COVID-19, dll.

### **2. Kekebalan Kelompok (Herd Immunity)**

- a. Ketika sebagian besar populasi divaksinasi, penyebaran penyakit menular dapat dihentikan.

- b. Melindungi orang yang tidak bisa divaksinasi, seperti bayi, orang tua, atau penderita gangguan kekebalan.

### **3. Menurunkan Angka Kematian dan Kesakitan**

- a. Vaksin mencegah komplikasi berat dari penyakit menular.
- b. Mengurangi angka kematian, terutama pada anak-anak dan kelompok rentan.

### **4. Efisiensi Biaya Kesehatan**

- a. Pencegahan melalui vaksinasi lebih murah daripada pengobatan setelah terkena penyakit.
- b. Mengurangi beban ekonomi pada sistem kesehatan nasional.

### **5. Mendukung Produktivitas dan Stabilitas Sosial**

- a. Dengan mencegah penyakit, orang bisa bekerja dan belajar tanpa gangguan.
- b. Mengurangi absensi di sekolah dan tempat kerja.

### **6. Pemberantasan Penyakit**

- a. Beberapa penyakit seperti cacar telah diberantas secara global berkat vaksinasi.
- b. Vaksinasi terus mendorong upaya global untuk menghapuskan penyakit seperti polio.

### **7. Memfasilitasi Perjalanan dan Aktivitas Sosial**

- a. Vaksinasi memungkinkan mobilitas antarwilayah atau negara (terutama pasca-pandemi).
- b. Digunakan sebagai syarat perjalanan dan kegiatan umum tertentu.

## 8.2 Misinformasi tentang Vaksin

Dalam era digital saat ini, arus informasi bergerak sangat cepat dan luas. Salah satu dampak negatif dari fenomena ini adalah maraknya penyebaran misinformasi, termasuk dalam bidang kesehatan. Salah satu topik yang sering menjadi sasaran misinformasi adalah vaksin. Misinformasi tentang vaksin merujuk pada penyebaran informasi yang tidak benar atau menyesatkan mengenai keamanan, kandungan, atau efektivitas vaksin. Informasi yang salah ini sering kali muncul melalui berbagai saluran, terutama *social media*, dan memiliki dampak yang nyata terhadap kepercayaan serta partisipasi masyarakat dalam program imunisasi.

### 8.2.1 Bentuk Umum Misinformasi

Beberapa bentuk misinformasi yang banyak beredar mencakup klaim bahwa vaksin menyebabkan autisme, mengandung bahan berbahaya seperti merkuri, atau merupakan bagian dari teori konspirasi global. Narasi seperti ini, meskipun tidak memiliki dasar ilmiah, disebarluaskan dengan bahasa yang meyakinkan, sering kali dibumbui dengan testimoni pribadi atau kutipan yang tidak dapat diverifikasi.

Misinformasi juga kerap menggunakan istilah medis secara tidak tepat, menyitir jurnal ilmiah secara keliru, atau menyampaikan informasi dalam konteks yang salah. Akibatnya, masyarakat awam yang tidak memiliki latar belakang kesehatan sering kesulitan membedakan antara informasi yang valid dan yang menyesatkan.

### **8.2.2 Dampak terhadap Kepercayaan Publik**

Munculnya misinformasi dapat memengaruhi kepercayaan masyarakat terhadap program imunisasi, bahkan menyebabkan *vaccine hesitancy* atau keraguan untuk menerima vaksin. Kondisi ini berisiko menurunkan cakupan imunisasi dan membuka peluang terjadinya kembali wabah penyakit yang sebelumnya sudah terkendali, seperti campak dan difteri.

Riset oleh Nugraha dan Wardani (2021) menunjukkan bahwa paparan informasi keliru tentang vaksin COVID-19 di media sosial berkorelasi kuat dengan sikap negatif terhadap vaksinasi, terutama di kalangan usia produktif. Hal ini menunjukkan bahwa misinformasi bukan hanya berdampak pada keputusan individu, tetapi juga mengancam kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

### **8.2.3 Peran Media Sosial dan Algoritma**

*Social media* berperan besar dalam memperluas jangkauan misinformasi. Dengan adanya algoritma yang mengedepankan konten yang sering dibagikan atau mengundang emosi kuat, informasi yang sensasional—meskipun tidak akurat—lebih mudah menjangkau audiens dalam jumlah besar.

Tidak hanya itu, adanya *echo chamber*, yaitu lingkungan digital di mana seseorang hanya terpapar pada pandangan yang memperkuat keyakinan pribadinya, memperparah penyebaran informasi salah. Dalam lingkungan ini, bantahan dari sumber yang kredibel sering kali dianggap sebagai bagian dari narasi "yang tidak bisa dipercaya".

#### **8.2.4 Upaya Mengatasi Misinformasi**

Mengatasi misinformasi tentang vaksin memerlukan pendekatan lintas sektor dan berbasis kolaborasi. Salah satu langkah penting adalah penyebaran informasi yang akurat, mudah dipahami, dan berbasis pada sumber terpercaya. Tenaga kesehatan, tokoh masyarakat, dan media harus aktif terlibat dalam menyampaikan edukasi publik secara konsisten.

WHO (2020) merekomendasikan penggunaan komunikasi berbasis empati dan dialog terbuka untuk membangun kembali kepercayaan masyarakat terhadap vaksin. Strategi ini dinilai lebih efektif daripada hanya menyanggah informasi palsu secara langsung, karena melibatkan aspek emosional dan psikologis dalam komunikasi risiko.

Selain itu, peningkatan literasi digital masyarakat juga penting agar individu mampu mengevaluasi sumber informasi yang mereka konsumsi. Upaya ini dapat dilakukan melalui edukasi di sekolah, kampanye publik, dan pelatihan bagi tokoh masyarakat.

Berikut adalah contoh konkret peningkatan literasi digital masyarakat dalam mengatasi misinformasi tentang vaksinasi:

1. Kampanye Edukasi di Media Sosial

Contoh:

- a. Pemerintah atau lembaga kesehatan (seperti Kemenkes RI atau WHO) membuat konten edukatif di Instagram, TikTok, dan YouTube.

- b. Konten berisi penjelasan tentang cara kerja vaksin, fakta medis, dan pembantahan mitos (misalnya: "Vaksin COVID-19 tidak menyebabkan kemandulan").

Dampak:

Masyarakat yang aktif di media sosial mendapatkan informasi langsung dari sumber terpercaya.

## 2. Kolaborasi dengan Influencer dan Tokoh Masyarakat

Contoh:

- a. Influencer kesehatan, dokter populer, atau tokoh agama membuat konten klarifikasi misinformasi vaksin.
- b. Mereka menjawab pertanyaan umum dengan bahasa sederhana dan mudah dipahami.

Dampak:

Pesan lebih mudah diterima oleh masyarakat karena datang dari figur yang mereka percaya.

## 3. Pelatihan Literasi Digital di Komunitas

Contoh:

- a. Diadakan pelatihan langsung atau webinar di desa/kelurahan yang mengajarkan:
- b. Cara membedakan informasi hoaks dan fakta.
- c. Cara mengecek informasi lewat situs seperti cekfakta.com atau Turn Back Hoax.

Dampak:

Warga menjadi lebih kritis dan tidak mudah membagikan berita bohong tentang vaksin.

#### 4. Penyediaan Platform Layanan Aduan Hoaks

Contoh:

Pemerintah menyediakan chatbot WhatsApp atau aplikasi khusus tempat masyarakat bisa mengirimkan informasi yang diragukan untuk diverifikasi.

Dampak:

Masyarakat punya akses langsung untuk memastikan informasi yang mereka terima.

#### 5. Integrasi Materi Literasi Digital di Sekolah

Contoh:

Kurikulum pelajaran TIK atau PPKn mencakup pembahasan soal hoaks, termasuk hoaks kesehatan dan vaksinasi.

Dampak:

Generasi muda teredukasi sejak dini tentang pentingnya informasi akurat dan cara menyaringnya.

### **8.3 Dampak Misinformasi terhadap Program Vaksinasi**

Program vaksinasi merupakan salah satu intervensi kesehatan masyarakat yang paling berhasil dalam sejarah. Melalui vaksin, jutaan nyawa telah diselamatkan dari penyakit menular yang dulunya menyebabkan kematian dan kecacatan massal. Namun, keberhasilan program ini sangat bergantung pada tingkat cakupan imunisasi yang tinggi secara merata di populasi. Dalam beberapa tahun terakhir, tantangan baru muncul dari penyebaran misinformasi

yang semakin masif, terutama melalui platform digital dan media sosial.

Misinformasi—informasi keliru yang disebarluaskan tanpa dasar ilmiah—telah menjadi ancaman serius terhadap kepercayaan masyarakat terhadap vaksin. Ketika informasi salah diterima dan diyakini sebagai kebenaran, dampaknya tidak hanya memengaruhi keputusan individu, tetapi juga menimbulkan konsekuensi besar terhadap ketahanan kesehatan masyarakat secara kolektif.

### **8.3.1 Penurunan Cakupan Imunisasi**

Salah satu dampak paling nyata dari penyebaran misinformasi adalah menurunnya tingkat cakupan imunisasi. Informasi palsu yang mengaitkan vaksin dengan efek samping berat, autisme, atau teori konspirasi tertentu membuat sebagian masyarakat enggan atau menolak vaksin, bahkan untuk vaksin yang sudah terbukti aman dan efektif selama puluhan tahun.

Penurunan cakupan imunisasi ini berdampak pada terganggunya kekebalan kelompok (*herd immunity*), yang seharusnya melindungi individu rentan yang tidak dapat divaksinasi karena kondisi medis tertentu. Dalam beberapa kasus, kelompok masyarakat yang sebelumnya mencapai cakupan imunisasi di atas 90% mengalami penurunan signifikan akibat kampanye anti-vaksin yang agresif, terutama selama pandemi COVID-19 (Wilson & Wiysonge, 2020).

### **8.3.2 Meningkatnya Kejadian Wabah Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Vaksin**

Dengan menurunnya cakupan vaksinasi, peluang terjadinya wabah penyakit menular meningkat secara signifikan. Penyakit seperti campak, difteri, dan polio yang sebelumnya berhasil dikendalikan kembali muncul di wilayah-wilayah dengan tingkat vaksinasi yang rendah. Misalnya, sejumlah negara melaporkan lonjakan kasus campak yang mengkhawatirkan dalam lima tahun terakhir, sebagian besar disebabkan oleh penurunan angka imunisasi primer.

Kondisi ini tidak hanya membahayakan individu yang tidak divaksinasi, tetapi juga membebani sistem layanan kesehatan dengan kebutuhan akan penanganan wabah, pelacakan kontak, serta respons darurat. Wabah yang seharusnya dapat dicegah ini menjadi bukti nyata bahwa dampak dari misinformasi tidak bersifat teoritis, melainkan berimplikasi langsung terhadap keselamatan masyarakat.

### **8.3.3 Ketidakpercayaan terhadap Tenaga Kesehatan dan Institusi**

Misinformasi juga berdampak pada hubungan antara masyarakat dengan tenaga kesehatan dan institusi pemerintah. Ketika masyarakat lebih mempercayai sumber informasi yang tidak kredibel daripada penjelasan resmi dari profesional kesehatan, muncul krisis kepercayaan yang sulit dipulihkan.

Tenaga kesehatan sering kali dihadapkan pada pasien atau orang tua yang curiga, menolak, atau bahkan bersikap defensif terhadap tawaran imunisasi. Hal ini tidak hanya menghambat kerja

mereka, tetapi juga menimbulkan tekanan emosional karena upaya edukatif yang mereka lakukan dianggap sebagai bentuk tekanan atau manipulasi.

Fenomena ini memperlihatkan bahwa disinformasi bukan hanya tantangan komunikasi, tetapi juga tantangan etika dan sosial dalam pelayanan kesehatan modern.

#### **8.3.4 Meningkatkan Beban Kerja dan Biaya Kesehatan**

Penolakan terhadap vaksinasi tidak hanya menimbulkan beban epidemiologis, tetapi juga beban logistik dan finansial. Ketika terjadi wabah, rumah sakit dan fasilitas layanan kesehatan harus mengalokasikan sumber daya lebih besar untuk pengobatan, pengendalian infeksi, serta kampanye imunisasi ulang.

Biaya pengobatan penyakit yang seharusnya dapat dicegah dengan vaksin jauh lebih tinggi dibandingkan biaya pencegahannya. Misalnya, satu kasus campak dapat menyebabkan komplikasi seperti pneumonia atau ensefalitis, yang memerlukan rawat inap dan intervensi intensif. Akibatnya, anggaran kesehatan yang terbatas harus dialihkan untuk menangani masalah yang sebenarnya dapat dicegah sejak awal.

#### **8.3.5 Membangun Respons Kritis terhadap Misinformasi**

Menghadapi dampak luas dari misinformasi, diperlukan strategi tanggap yang melibatkan berbagai sektor, mulai dari pendidikan, media, hingga regulasi konten daring. Tenaga kesehatan perlu didukung dengan pelatihan komunikasi efektif untuk menjawab kekhawatiran masyarakat secara empatik dan berbasis fakta.

Selain itu, peningkatan literasi kesehatan digital di kalangan masyarakat umum menjadi kunci agar individu dapat memilah informasi yang valid dan bertanggung jawab dalam mengambil keputusan kesehatan.

## **8.4 Peran Farmasis dalam Edukasi dan Klarifikasi Informasi**

Dalam dinamika sistem kesehatan modern, farmasis memegang posisi strategis sebagai penyedia informasi yang dapat diakses langsung oleh masyarakat. Kepercayaan yang tinggi terhadap peran farmasis di lini terdepan, seperti di apotek, menjadi potensi besar dalam menyampaikan informasi yang benar, terutama terkait imunisasi. Edukasi yang dilakukan oleh farmasis tidak hanya membantu meningkatkan literasi kesehatan, tetapi juga menjadi penyeimbang terhadap penyebaran informasi keliru di masyarakat.

Peran farmasis semakin krusial dalam konteks meningkatnya ketidakpercayaan terhadap vaksin serta merebaknya hoaks yang beredar luas melalui media sosial. Oleh karena itu, keterlibatan aktif farmasis dalam memberikan edukasi yang bersifat korektif dan empatik sangat dibutuhkan sebagai bagian dari upaya memperkuat ketahanan kesehatan publik.

### **8.4.1 Memberikan Informasi Akurat tentang Vaksin**

Salah satu tugas penting farmasis adalah memastikan bahwa masyarakat mendapatkan informasi yang benar terkait vaksin, termasuk mekanisme kerja, jadwal pemberian, potensi efek samping,

serta manfaat jangka panjangnya. Penjelasan ini harus disampaikan dengan bahasa yang mudah dimengerti dan disesuaikan dengan latar belakang pengetahuan pasien.

Sebagai tenaga kesehatan yang memiliki kompetensi dalam ilmu farmakologi dan imunologi, farmasis berada dalam posisi yang tepat untuk menjelaskan bagaimana vaksin bekerja membentuk kekebalan tubuh serta mengapa imunisasi tetap penting meskipun kasus penyakit menurun. Informasi ini perlu disampaikan secara konsisten untuk memperkuat keyakinan masyarakat terhadap perlindungan yang diberikan oleh vaksin (Isenor & Edwards, 2020).

#### **8.4.2 Meluruskan Mitos dan Hoaks Melalui Komunikasi Empatik**

Penyebaran mitos dan hoaks terkait vaksin sering kali berakar dari ketakutan, ketidaktahuan, atau pengalaman negatif orang terdekat. Dalam situasi seperti ini, pendekatan yang empatik menjadi kunci keberhasilan komunikasi. Farmasis tidak hanya dituntut menyampaikan fakta, tetapi juga mendengarkan kekhawatiran masyarakat tanpa menghakimi.

Dialog yang dibangun dengan rasa hormat dapat membuka ruang untuk menjelaskan secara perlahan bahwa informasi yang diterima pasien mungkin tidak sepenuhnya benar. Misalnya, kekhawatiran bahwa vaksin menyebabkan infertilitas atau autisme perlu dijelaskan berdasarkan data ilmiah yang telah ditinjau secara luas dan konsensus global dari badan kesehatan dunia. Komunikasi yang berfokus pada empati akan lebih mudah diterima daripada pendekatan yang konfrontatif.

### **8.4.3 Berperan Aktif dalam Kampanye Imunisasi Komunitas**

Farmasis juga dapat mengambil bagian dalam berbagai kegiatan edukasi publik, seperti seminar, diskusi terbuka, atau kampanye media sosial. Kolaborasi dengan dinas kesehatan, sekolah, dan organisasi masyarakat sipil dapat memperluas jangkauan edukasi dan meningkatkan cakupan imunisasi.

Di beberapa negara, farmasis telah dilibatkan langsung dalam proses pemberian vaksinasi. Meski implementasi serupa masih terbatas di Indonesia, namun peran edukatif farmasis dalam menjembatani kesenjangan informasi tetap sangat diperlukan. Ketika masyarakat memperoleh informasi dari sumber yang mereka percayai, resistensi terhadap imunisasi cenderung menurun (Burson et al., 2021).

### **8.4.4 Menjadi Sumber Informasi yang Terpercaya di Layanan Apotek**

Apotek menjadi salah satu tempat pertama yang diakses masyarakat untuk berkonsultasi mengenai kesehatan, termasuk terkait imunisasi. Oleh karena itu, farmasis harus siap menjadi rujukan informasi terpercaya yang tidak hanya menjawab pertanyaan pasien, tetapi juga proaktif memberikan edukasi yang relevan.

Membangun citra apotek sebagai pusat edukasi kesehatan dapat dilakukan melalui poster informatif, selebaran yang mudah dipahami, serta konseling pribadi. Farmasis juga dapat menggunakan teknologi digital untuk menjangkau pasien secara

lebih luas, misalnya melalui *chatbot*, media sosial, atau platform konsultasi daring.

## **8.5 Strategi Melawan Misinformasi Vaksin**

Di tengah derasnya arus informasi yang menyebar cepat melalui berbagai kanal digital, tantangan yang muncul bukan hanya soal kurangnya informasi, tetapi justru berlimpahnya informasi yang salah. Kesesatan dalam konten vaksinasi, yang menyebar luas di berbagai platform daring, telah menjadi hambatan serius dalam membangun kepercayaan publik terhadap program imunisasi. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga proaktif dan kolaboratif.

### **8.5.1 Peran Media Sosial dalam Edukasi Kesehatan**

Media sosial memiliki kekuatan ganda: dapat menyebarkan kabar palsu, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai alat yang sangat efektif untuk menyampaikan informasi yang benar. Salah satu strategi utama adalah memaksimalkan penggunaan media sosial sebagai ruang untuk berbagi informasi yang akurat, mudah dipahami, dan menarik. Infografik, video pendek, testimoni dari tokoh terpercaya, serta sesi tanya jawab langsung bersama tenaga medis dapat memperkuat kepercayaan masyarakat.

Konten yang disampaikan melalui media sosial perlu dikemas dengan narasi yang dekat dengan kehidupan sehari-hari masyarakat. Tidak cukup hanya menyampaikan fakta, tetapi juga penting untuk menjalin ikatan emosional agar pesan lebih melekat.

Menurut Wilson & Wiysonge (2020), strategi komunikasi yang bersifat humanis dan naratif lebih efektif dalam mengubah persepsi negatif terhadap vaksin dibandingkan dengan pendekatan yang hanya berisi data statistik.

### **8.5.2 Kolaborasi Antarprofesi dalam Komunikasi Publik**

Tidak semua orang mempercayai dokter, dan tidak semua paham isi brosur kesehatan. Karena itu, sinergi antara berbagai profesi menjadi penting. Dokter, farmasis, pakar komunikasi, ahli perilaku, hingga tokoh masyarakat dapat bekerja sama untuk menyusun pesan yang tepat sasaran. Tiap profesi membawa perspektif yang unik dan saling melengkapi.

Misalnya, pakar komunikasi dapat membantu merancang pesan yang tidak hanya benar, tetapi juga efektif disampaikan. Sementara itu, tenaga medis dapat memastikan bahwa isi pesan tidak menyimpang dari fakta. Kolaborasi ini menghasilkan materi komunikasi yang seimbang antara akurasi dan daya tarik pesan.

### **8.5.3 Penguatan Kapasitas Komunikasi Risiko bagi Farmasis**

Farmasis sering kali menjadi titik pertama interaksi antara masyarakat dan informasi seputar vaksin. Di apotek, pertanyaan-pertanyaan tentang keamanan vaksin, efek samping, hingga kandungan sering muncul. Maka, penting untuk memastikan bahwa mereka memiliki kemampuan komunikasi yang memadai, tidak hanya secara teknis, tetapi juga dalam menjawab dengan empati dan kejelasan.

Program pelatihan komunikasi risiko bagi farmasis terbukti memberikan dampak positif terhadap kepercayaan masyarakat.

Dalam riset yang dilakukan oleh Betsch et al. (2018), kemampuan tenaga kesehatan menjelaskan risiko secara transparan berkontribusi pada peningkatan penerimaan vaksin secara signifikan.

#### **8.5.4 Monitoring dan Pelaporan Konten Menyesatkan**

Penyebaran kabar bohong tentang vaksin kerap muncul melalui grup percakapan dan akun anonim. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem monitoring yang aktif serta mudah diakses oleh masyarakat. Konten yang terbukti menyebarkan informasi palsu perlu segera dilaporkan kepada otoritas terkait, termasuk platform digital yang menaunginya.

Namun, pelaporan tidak cukup jika tidak ada tindak lanjut yang jelas. Maka dibutuhkan kerja sama antara lembaga resmi dan penyedia platform media sosial agar pelaporan dapat diproses secara cepat. Di beberapa negara, seperti Jerman dan Australia, sudah diterapkan sistem pelaporan daring yang memungkinkan pengguna ikut serta dalam mengontrol arus informasi (European Centre for Disease Prevention and Control, 2021).

#### **8.5.5 Mendorong Partisipasi Komunitas Lokal**

Selain aktor profesional, masyarakat umum juga memiliki peran besar. Komunitas lokal, seperti kelompok keagamaan, organisasi pemuda, dan jaringan ibu rumah tangga, dapat dijadikan mitra dalam menyebarkan informasi positif. Pesan dari sesama anggota komunitas sering kali lebih diterima karena dianggap lebih relevan dan dapat dipercaya.

Melibatkan komunitas dalam kegiatan edukasi juga membuka ruang dialog yang terbuka, di mana kekhawatiran dapat

disampaikan dan dibahas bersama. Langkah ini membantu membangun kepercayaan secara perlahan namun konsisten.

## **8.6 Latihan Soal**

1. Apa manfaat utama dari vaksinasi dalam kesehatan masyarakat?
2. Sebutkan tiga contoh misinformasi umum tentang vaksin!
3. Apa dampak negatif dari menyebarnya misinformasi vaksin?
4. Bagaimana peran farmasis dalam mengatasi isu hoaks vaksin?
5. Sebutkan dua strategi yang bisa dilakukan farmasis untuk menghadapi misinformasi!

# Bab 9: Teknologi Digital

## dalam Farmasi

---

### 9.1 Pengertian Teknologi Digital dalam Farmasi

Teknologi digital dalam farmasi merujuk pada pemanfaatan sistem digital dan perangkat lunak yang dirancang untuk meningkatkan berbagai aspek dalam bidang farmasi, mulai dari produksi, distribusi, riset, hingga pelayanan kepada pasien. Penggunaan teknologi ini memungkinkan otomatisasi proses produksi obat yang lebih presisi dan konsisten, sehingga meningkatkan kualitas dan keamanan produk farmasi. Selain itu, teknologi digital juga mempermudah pengelolaan rantai distribusi obat, memastikan ketersediaan dan keterlacakan produk secara real time di berbagai fasilitas pelayanan kesehatan.

Di bidang riset, teknologi digital membuka peluang untuk analisis data besar (*big data*) dan penerapan *artificial intelligence* dalam pengembangan obat baru serta optimalisasi formula yang sudah ada. Pendekatan ini mempercepat proses riset dan mengurangi biaya yang dibutuhkan dibandingkan teknik konvensional. Dalam pelayanan farmasi, teknologi digital mendukung pemberian layanan yang lebih cepat dan akurat melalui sistem rekam medis elektronik, aplikasi pemantauan pengobatan, serta konsultasi daring yang semakin populer.

Menurut sebuah riset oleh Patel et al. (2021), adopsi teknologi digital dalam farmasi telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional hingga 30% dan mengurangi kesalahan pemberian obat. Selain itu, teknologi ini juga berkontribusi pada peningkatan kepuasan pasien melalui layanan yang lebih personal dan responsif.

Meskipun banyak manfaatnya, penerapan teknologi digital dalam farmasi juga menghadapi tantangan, seperti kebutuhan akan infrastruktur yang memadai, pelatihan sumber daya manusia, serta keamanan data pasien yang harus dijaga dengan ketat. Namun, dengan perkembangan teknologi yang terus maju, penggunaan teknologi digital diperkirakan akan menjadi standar utama dalam praktik farmasi modern, mendukung terciptanya layanan kesehatan yang lebih efektif dan berkualitas.

## **9.2 Jenis-Jenis Teknologi Digital di Farmasi**

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk farmasi. Penggunaan teknologi digital dalam farmasi tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memperbaiki kualitas layanan kesehatan bagi pasien. Berikut ini adalah beberapa jenis teknologi digital yang kini banyak diterapkan dalam dunia farmasi.

### **9.2.1 Sistem Manajemen Informasi Farmasi (*Pharmacy Information System*)**

Sistem Manajemen Informasi Farmasi (*Pharmacy Information System*) adalah platform digital yang digunakan untuk

mengelola data dan proses operasional di apotek atau fasilitas farmasi. Sistem ini mencakup pengelolaan resep, stok obat, catatan pasien, dan laporan keuangan. Dengan sistem ini, kesalahan dalam pencatatan dapat diminimalisasi, serta proses administrasi menjadi lebih cepat dan terintegrasi.

Menurut riset oleh Ahmad dan kolega (2021), implementasi *Pharmacy Information System* di sejumlah rumah sakit meningkatkan akurasi pengelolaan obat hingga 35%, sekaligus mempercepat pelayanan pasien.

### **9.2.2 Robotika dalam Pengemasan dan Distribusi Obat**

Robotika mulai digunakan dalam proses pengemasan dan distribusi obat untuk meningkatkan kecepatan dan ketepatan. Penggunaan robot dalam tugas-tugas ini membantu mengurangi kesalahan manusia dan mempercepat proses persiapan obat, terutama dalam skala besar.

Contohnya, robot pengemasan otomatis dapat mengemas obat sesuai dosis dan jadwal yang tepat, mengurangi risiko kesalahan dosis yang berpotensi membahayakan pasien. Riset terbaru menunjukkan bahwa penerapan robotika di apotek rumah sakit dapat menurunkan kesalahan pemberian obat hingga 50% (Kim et al., 2022).

### **9.2.3 Telepharmacy (Telefarmasi)**

*Telepharmacy* atau *telefarmasi* adalah layanan farmasi jarak jauh yang menggunakan teknologi komunikasi digital untuk memberikan konsultasi dan pengawasan penggunaan obat kepada

pasien. Hal ini sangat bermanfaat bagi pasien di daerah terpencil yang sulit mengakses apotek secara langsung.

Layanan ini memungkinkan apoteker untuk memberikan edukasi, memantau efek samping, dan menjawab pertanyaan pasien secara real-time melalui video call atau aplikasi pesan. Menurut laporan World Health Organization (2020), *telefarmasi* berkontribusi meningkatkan akses layanan farmasi di wilayah dengan keterbatasan tenaga kesehatan.

#### **9.2.4 Big Data dan Analitik dalam Farmasi**

Big data dan teknologi analitik memungkinkan pengumpulan dan pengolahan data dalam jumlah besar untuk menghasilkan informasi yang berguna dalam pengambilan keputusan. Dalam farmasi, big data dapat digunakan untuk memantau pola penggunaan obat, efektivitas terapi, serta mengidentifikasi potensi risiko efek samping.

Pemanfaatan big data juga mendukung riset pengembangan obat baru dan personalisasi terapi berdasarkan profil genetik pasien. Sebuah riset oleh Rahman dan tim (2023) menekankan bahwa integrasi big data dalam manajemen farmasi dapat meningkatkan efisiensi pengobatan dan menurunkan biaya perawatan.

#### **9.2.5 Aplikasi Mobile untuk Edukasi dan Pemantauan Pasien**

Aplikasi mobile kini banyak digunakan sebagai alat edukasi dan pemantauan pasien dalam pengelolaan terapi obat. Aplikasi ini memberikan informasi tentang penggunaan obat, jadwal minum obat, serta pengingat untuk kontrol rutin. Selain itu, pasien dapat

mencatat efek samping atau keluhan yang kemudian dapat dikonsultasikan dengan tenaga kesehatan.

Menurut riset oleh Setiawan dan rekan (2022), penggunaan aplikasi mobile dalam pengelolaan terapi meningkatkan kepatuhan pasien hingga 40% dan menurunkan angka rawat inap akibat komplikasi obat.

### **9.3 Kegunaan Teknologi Digital dalam Farmasi**

Perkembangan teknologi digital membawa dampak besar dalam berbagai sektor, termasuk bidang farmasi. Inovasi digital tidak hanya mengubah cara kerja apotek dan tenaga kesehatan farmasi, tetapi juga memberikan manfaat nyata bagi pasien dan sistem kesehatan secara keseluruhan. Beberapa manfaat utama teknologi digital dalam farmasi meliputi peningkatan akurasi dan kecepatan layanan, kemudahan pengelolaan stok obat, dukungan riset, perluasan akses layanan, serta peningkatan kepatuhan pasien terhadap pengobatan.

#### **9.3.1 Meningkatkan Akurasi dan Kecepatan Layanan Farmasi**

Teknologi digital memungkinkan proses pelayanan farmasi berlangsung lebih cepat dan akurat. Penggunaan sistem *electronic prescription* dan barcode scanning pada obat membantu meminimalkan kesalahan dalam pemberian obat. Dengan otomatisasi tersebut, apoteker dapat lebih fokus pada pemeriksaan dosis dan interaksi obat tanpa khawatir terjadi kekeliruan administratif.

Sistem komputer yang terintegrasi dapat memproses resep dengan cepat dan memberikan peringatan jika terdapat potensi risiko. Hal ini tidak hanya mempercepat layanan, tetapi juga meningkatkan keselamatan pasien. Riset terbaru menunjukkan bahwa digitalisasi layanan farmasi mampu mengurangi kesalahan pemberian obat hingga 40% (Johnson & Lee, 2021).

### **9.3.2 Mempermudah Pengelolaan Stok dan Inventaris Obat**

Manajemen stok obat merupakan aspek penting dalam operasional farmasi. Dengan teknologi digital, pengelolaan inventaris menjadi lebih efisien dan transparan. Sistem manajemen persediaan berbasis digital dapat memantau stok secara real-time, memberikan notifikasi saat stok menipis, dan membantu pengadaan obat tepat waktu.

Kemudahan ini membantu mencegah kekurangan atau kelebihan stok yang dapat menyebabkan kerugian finansial atau keterlambatan pelayanan. Selain itu, data historis yang terekam dapat digunakan untuk analisis tren konsumsi obat sehingga perencanaan pengadaan menjadi lebih akurat (Martinez et al., 2020).

### **9.3.3 Mendukung Pengembangan Obat dan Riset Klinis**

Teknologi digital juga memberikan kontribusi besar dalam proses pengembangan obat dan riset klinis. Sistem data elektronik dan perangkat lunak analitik membantu pengumpulan dan pengolahan data klinis secara lebih cepat dan akurat. Dengan platform digital, proses uji klinis dapat dipantau secara real-time sehingga meningkatkan efisiensi dan transparansi.

Pemanfaatan *big data* dan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) memungkinkan penemuan obat baru dengan pendekatan yang lebih terarah dan personalisasi. Ini membuka peluang bagi terapi yang lebih efektif dan tepat sasaran, terutama untuk penyakit kompleks (Nguyen et al., 2022).

#### **9.3.4 Memperluas Akses Layanan Farmasi melalui Telefarmasi**

Telefarmasi merupakan inovasi layanan farmasi berbasis teknologi komunikasi yang memungkinkan pasien mendapatkan konsultasi dan pengobatan tanpa harus datang langsung ke apotek. Layanan ini sangat berguna bagi masyarakat di daerah terpencil atau pasien dengan keterbatasan mobilitas.

Melalui platform digital, pasien dapat berkonsultasi dengan apoteker, mendapatkan resep elektronik, hingga layanan pengiriman obat ke rumah. Hal ini tidak hanya memperluas akses layanan, tetapi juga meningkatkan kenyamanan dan kepuasan pasien, terutama di masa pandemi di mana interaksi tatap muka dibatasi (Sharma & Patel, 2021).

#### **9.3.5 Meningkatkan Kepatuhan Pasien terhadap Pengobatan**

Kepatuhan pasien dalam menjalani pengobatan merupakan faktor kunci keberhasilan terapi. Teknologi digital menyediakan berbagai aplikasi dan sistem pengingat yang membantu pasien mengonsumsi obat sesuai jadwal. Fitur pengingat ini dapat berupa notifikasi di ponsel, alarm, atau pesan teks.

Selain itu, aplikasi kesehatan digital dapat memberikan edukasi mengenai obat dan efek sampingnya, sehingga pasien lebih memahami pentingnya mengikuti anjuran dokter dan apoteker.

Pendekatan ini terbukti meningkatkan tingkat kepatuhan hingga 25%, yang berdampak positif terhadap hasil klinis (Chen et al., 2020).

## **9.4 Tantangan Implementasi Teknologi Digital**

Perkembangan teknologi digital membawa harapan besar dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kualitas layanan di berbagai sektor, termasuk bidang kesehatan dan farmasi. Namun, di balik potensi besar yang ditawarkan, terdapat beragam tantangan yang perlu diatasi agar implementasi teknologi digital dapat berjalan efektif dan memberikan manfaat optimal. Tantangan-tantangan ini mencakup aspek infrastruktur, sumber daya manusia, keamanan data, hingga budaya organisasi.

### **9.4.1 Keterbatasan Infrastruktur Teknologi di Fasilitas Kesehatan**

Salah satu tantangan utama dalam penerapan teknologi digital di sektor kesehatan adalah keterbatasan infrastruktur. Masih banyak fasilitas kesehatan, terutama di wilayah terpencil, yang belum memiliki akses internet stabil, perangkat keras memadai, maupun sistem pendukung digital yang andal. Koneksi yang tidak stabil dapat menghambat penggunaan aplikasi rekam medis elektronik, sistem informasi manajemen rumah sakit, atau bahkan layanan telemedicine. Ketimpangan infrastruktur ini menjadi penghalang utama dalam pemerataan manfaat digitalisasi (Ismail et al., 2022).

### **9.4.2 Biaya Investasi Awal yang Tinggi**

Penerapan teknologi digital memerlukan investasi awal yang signifikan. Pengadaan perangkat keras, perangkat lunak, pengembangan sistem, serta biaya instalasi dan pemeliharaan membutuhkan anggaran besar, yang sering kali menjadi kendala bagi fasilitas kesehatan dengan sumber daya terbatas. Selain itu, proses migrasi dari sistem manual ke digital juga dapat menimbulkan biaya tambahan dan risiko gangguan operasional sementara.

Strategi pembiayaan yang matang dan kolaborasi dengan pemerintah atau mitra swasta menjadi kunci agar investasi ini tidak membebani fasilitas kesehatan, terutama pada tahap awal implementasi.

### **9.4.3 Kebutuhan Pelatihan Tenaga Farmasi**

Adopsi teknologi digital tidak hanya bergantung pada kecanggihan perangkat, tetapi juga pada kesiapan sumber daya manusia. Tenaga farmasi perlu mendapatkan pelatihan untuk memahami cara penggunaan sistem digital, mulai dari aplikasi resep elektronik, manajemen stok obat otomatis, hingga penggunaan *clinical decision support system*. Kurangnya pelatihan dan bimbingan dapat menyebabkan kegagalan adaptasi, sehingga sistem digital yang seharusnya membantu justru menambah beban kerja (Putri & Kusnandar, 2023).

Program pelatihan berkelanjutan dan pendampingan di tempat kerja menjadi solusi agar tenaga farmasi dapat memanfaatkan teknologi secara optimal.

#### **9.4.4 Keamanan Data dan Privasi Pasien**

Seiring meningkatnya digitalisasi, ancaman terhadap keamanan data dan privasi pasien juga semakin besar. Rekam medis elektronik, data transaksi obat, dan informasi sensitif lainnya harus dilindungi dari risiko peretasan, kebocoran data, maupun akses tidak sah. Fasilitas kesehatan wajib menerapkan *data encryption*, *access control*, dan audit sistem secara berkala untuk menjaga kerahasiaan data pasien.

Kegagalan menjaga keamanan data bukan hanya berdampak pada kepercayaan publik, tetapi juga dapat menimbulkan konsekuensi hukum yang serius. Oleh karena itu, pembangunan sistem digital harus selalu diiringi dengan kebijakan keamanan data yang ketat (Rizk et al., 2021).

#### **9.4.5 Resistensi terhadap Perubahan Teknologi**

Tantangan lain yang sering muncul adalah resistensi dari tenaga kerja atau manajemen terhadap perubahan. Adaptasi ke sistem digital kerap dianggap rumit, menambah pekerjaan, atau bahkan mengancam posisi pekerjaan tertentu. Resistensi ini biasanya terjadi karena kurangnya pemahaman akan manfaat jangka panjang, kecemasan terhadap perubahan peran, atau pengalaman buruk dari implementasi sebelumnya.

Pendekatan komunikasi yang inklusif, pelibatan aktif dalam proses perencanaan, dan pemberian contoh manfaat nyata dari teknologi dapat membantu mengurangi resistensi dan membangun budaya inovasi di lingkungan kerja.

## **9.5 Latihan Soal**

1. Jelaskan pengertian teknologi digital dalam farmasi.
2. Sebutkan minimal tiga jenis teknologi digital yang digunakan di bidang farmasi.
3. Apa manfaat utama dari penggunaan robotika dalam layanan farmasi?
4. Sebutkan tantangan yang sering dihadapi dalam implementasi teknologi digital di farmasi.
5. Berikan contoh penggunaan telefarmasi dan manfaatnya.

# **Bab 10: Apoteker Masa Depan: Praktisi, Inovator, dan Pendidik**

---

## **10.1 Peran Apoteker Masa Kini dan Masa Depan**

Di tengah perubahan besar dalam sistem pelayanan kesehatan, peran apoteker mengalami perluasan yang sangat signifikan. Tidak lagi terbatas sebagai petugas yang berada di belakang meja apotek menyerahkan obat kepada pasien, apoteker masa kini menjalankan fungsi yang jauh lebih kompleks dan strategis. Mereka menjadi jembatan antara ilmu farmasi dan praktik klinis, antara pengetahuan medis dan pemahaman masyarakat awam. Beberapa peran apoteker pada masa kini antara lain:

### **1. Pelayanan Kefarmasian**

Apoteker bertanggung jawab atas manajemen farmasi, baik di rumah sakit, apotek, klinik, puskesmas dan industri farmasi dengan memastikan ketersediaan obat, pengelolaan stok, dan efisiensi operasional. Kegiatan ini dilakukan dengan cara pengelolaan obat, mulai dari pemilihan, perencanaan kebutuhan, pengadaan, penerimaan,

penyimpanan, pendistribusian, pemusnahan dan penarikan; pengendalian dan administrasi. Mereka juga harus memastikan obat yang diberikan aman, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan pasien dengan memberikan pelayanan farmasi klinik berupa pengkajian dan pelayanan resep, penelusuran riwayat penggunaan obat, rekonsiliasi obat, Pelayanan Informasi Obat (PIO), konseling, *visite*, Pemantauan Terapi Obat (PTO), Monitoring Efek Samping Obat (MESO), Evaluasi Penggunaan Obat (EPO), dispensing sediaan steril; dan Pemantauan Kadar Obat dalam Darah (PKOD).

## **2. Edukasi Pasien**

Apoteker berperan aktif dalam memberikan edukasi kepada pasien dan tenaga kesehatan lain mengenai penggunaan obat yang benar, dosis, efek samping, dan interaksi obat. Kegiatan ini dapat berupa PIO dan konseling kepada pasien di apotek, rumah sakit maupun klinik, swamedikasi pasien di apotek, serta PIO, kegiatan pendidikan dan pelatihan kepada apoteker dan tenaga kesehatan lain. Hal ini penting untuk meningkatkan kepatuhan pasien terhadap terapi, mengoptimalkan pemberian obat dan mencegah kesalahan penggunaan obat.

## **3. Riset dan Pengembangan**

Apoteker berperan dalam berbagai tahap riset dan pengembangan, mulai dari pengembangan obat baru hingga uji klinis dan formulasi produk serta teknologi farmasi untuk

meningkatkan kualitas terapi pengobatan dan pelayanan kesehatan dengan memastikan produk farmasi aman, berkualitas, dan sesuai dengan standar regulasi.

Apoteker juga berkontribusi dalam riset dan pengembangan obat herbal dan fitofarmaka, dengan memanfaatkan kekayaan alam Indonesia.

#### **4. Pengendalian Mutu**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 2009 tentang Pekerjaan Kefarmasian, pekerjaan kefarmasian adalah pembuatan termasuk pengendalian mutu sediaan farmasi, pengamanan, pengadaan, penyimpanan dan pendistribusian atau penyaluran obat, pengelolaan obat, pelayanan obat berdasarkan resep dokter, PIO, serta pengembangan obat, bahan obat dan obat tradisional.

Pengendalian mutu pelayanan kefarmasian menjadi bentuk pemantauan dan penilaian pelayanan yang terencana dan sistematis untuk mengidentifikasi peningkatan mutu dan tindak lanjut dengan harapan terjadi proses peningkatan mutu pelayanan kefarmasian yang berkesinambungan. Kegiatan ini dapat dilakukan terhadap kegiatan yang sedang atau sudah dilaksanakan melalui monitoring dan evaluasi dengan tujuan menjamin pelayanan kefarmasian sesuai dengan rencana dan upaya perbaikan untuk pelaksanaan pelayanan kefarmasian di masa yang akan datang.

Di masa depan peran apoteker diperkirakan akan terus meluas seiring kemajuan teknologi dan perubahan model layanan

kesehatan. Peran apoteker yang diharapkan dapat dilaksanakan di masa depan antara lain:

### **1. Pemanfaatan Teknologi**

Apoteker dapat memanfaatkan teknologi farmasi dalam berbagai aspek, termasuk pengelolaan data pasien, analisis biaya obat, rekomendasi berbasis bukti, dan peningkatan keamanan pasien. Teknologi juga memungkinkan apoteker untuk terlibat dalam pelayanan kefarmasian jarak jauh (telefarmasi), pelacakan obat, dan penggunaan sistem peringatan klinis.

Manajemen data dan informasi seperti sistem informasi pelayanan, rekam medis elektronik dan aplikasi manajemen resep; peningkatan efisiensi dan akurasi seperti sistem peringatan klinis, pelacakan obat dan telefarmasi; peningkatan keselamatan pasien seperti analisis data untuk pengobatan yang lebih personal, sistem peringatan dini, dan aplikasi mobile untuk pasien; pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran dan pengembangan diri seperti *Learning Management System* (LMS), platform E-learning, aplikasi dan platform digital merupakan beberapa bentuk implementasi pemanfaatan teknologi oleh apoteker di masa depan.

Apoteker perlu mengembangkan keterampilan teknologi dan adaptif terhadap perubahan teknologi agar dapat memanfaatkannya secara optimal dalam praktik kefarmasian. Apoteker juga perlu berkolaborasi dengan ahli

teknologi dan tenaga kesehatan lain untuk menciptakan solusi inovatif dalam pelayanan farmasi.

Dengan memanfaatkan teknologi, apoteker dapat memperluas peran mereka dalam dunia kesehatan, memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pasien, dan berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

## **2. Keterlibatan dalam Perawatan Kesehatan Terintegrasi**

Perawatan kesehatan terintegrasi yang melibatkan apoteker mempertegas bahwa peran apoteker tidak hanya dalam penyediaan obat, tetapi juga aktif dalam manajemen perawatan pasien secara keseluruhan. Hal ini mencakup kerja sama dengan dokter, perawat dan tenaga kesehatan lain untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kondisi pasien, dan pemberian edukasi serta monitoring penggunaan obat yang tepat. Dalam kolaborasinya dengan tenaga kesehatan lain, apoteker bekerja sama menyusun rencana perawatan yang komprehensif, memberikan edukasi kepada pasien mengenai penggunaan obat yang benar, kemungkinan efek samping, dan pentingnya kepatuhan terhadap terapi. Apoteker juga terlibat dalam penyesuaian dosis obat, pemantauan efektivitas terapi, dan identifikasi interaksi obat yang mungkin terjadi, berperan memastikan keakuratan daftar obat yang digunakan pasien, terutama

pada saat terjadi perpindahan pasien dari satu ruangan/ fasilitas kesehatan ke ruangan/ fasilitas kesehatan lain.

Dengan demikian diharapkan pasien mendapatkan pelayanan yang lebih terkoordinasi dan efisien, risiko kesalahan pengobatan dan interaksi obat dapat diminimalisir atau dihindari, pasien lebih memahami pengobatan mereka dan lebih patuh terhadap terapi pengobatan. Adanya peran yang semakin luas, apoteker menjadi bagian integral dari sistem perawatan kesehatan yang terintegrasi, berkontribusi pada peningkatan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

### **3. Fokus pada Kesehatan Masyarakat**

Apoteker memiliki peran penting dalam kesehatan masyarakat, tidak hanya dalam kegiatan penyediaan obat, tetapi juga edukasi, pencegahan penyakit, dan promosi kesehatan. Apoteker harus memastikan akses obat yang aman dan efektif, serta memberikan informasi penting tentang penggunaan obat yang benar. Peran apoteker dalam kesehatan masyarakat terdiri dari distribusi obat dan memastikan ketersediaan obat yang bermutu, aman dan efektif; memberikan edukasi mengenai obat khususnya dosis, cara penggunaan, dan efek samping obat, serta membantu pasien memahami pentingnya penggunaan obat yang tepat; memberikan edukasi kesehatan, termasuk promosi gaya hidup sehat, pencegahan penyakit, dan imunisasi; terlibat dalam pemantauan efek samping obat

(farmakovigilans), membantu mengidentifikasi dan mengatasi masalah kesehatan akibat penggunaan obat; berkontribusi dalam pengembangan obat-obatan baru dan perbaikan kualitas obat yang sudah ada; berperan dalam perumusan dan pelaksanaan kebijakan kesehatan terkait obat dan penggunaan obat yang bermutu dan aman.

Dengan demikian, apoteker tidak hanya berperan dalam menyalurkan obat, tetapi juga menjadi ujung tombak dalam upaya meningkatkan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

#### **4. Inovasi dan Pengembangan Produk**

Apoteker akan terus berinovasi dalam pengembangan produk farmasi yang lebih efektif dan efisien, serta memanfaatkan teknologi baru. Inovasi dan pengembangan produk yang dimaksud adalah bentuk kegiatan yang berfokus pada peningkatan efisiensi, pelayanan, dan kualitas produk. Hal ini dapat melibatkan penggunaan teknologi, seperti otomatisasi dan aplikasi *mobile*, serta pengembangan produk baru yang memenuhi kebutuhan pasien dan masyarakat.

Inovasi dalam manajemen pelayanan dapat berupa automasi pengelolaan stok yang dapat melacak dan mengelola stok obat, mengurangi risiko kedaluwarsa dan memastikan ketersediaan produk dan integrasi sistem penjualan secara otomatis, memanfaatkan data pelanggan untuk memberikan rekomendasi obat yang dipersonalisasi

dan meningkatkan kepuasan pelanggan, memudahkan pemesanan obat, konsultasi secara *online* dan pengingat konsumsi obat, menggunakan platform digital dan aplikasi untuk manajemen termasuk pengelolaan obat, data pasien, dan integrasi sistem penjualan.

Inovasi dalam pengembangan produk dapat berupa pengembangan obat-obatan baru dengan teknologi canggih, seperti sistem penghantaran obat berbasis nano dan obat biologis; pengembangan produk yang mendukung kesehatan preventif dan manajemen penyakit, sesuai dengan tren peningkatan kesadaran kesehatan masyarakat; pengembangan formulasi obat yang lebih efektif dan aman, serta penggunaan bahan baku berkualitas tinggi; pengembangan produk non-obat seperti kosmetik dan produk kesehatan lainnya, dengan mengikuti tren untuk meningkatkan minat masyarakat pada produk-produk tersebut.

Apoteker harus memiliki kemampuan kreativitas untuk beradaptasi dengan teknologi baru dan mengembangkan ide-ide inovatif untuk meningkatkan pelayanan dan produk; harus mampu memanfaatkan teknologi dalam manajemen pelayanan; memahami tren pasar dan kebutuhan konsumen untuk mengembangkan produk yang relevan dan kompetitif; memiliki keterampilan komunikasi yang baik untuk memberikan informasi obat yang akurat dan edukasi kepada pasien; dan memastikan

bahwa semua produk dan proses produksi memenuhi standar kualitas dan regulasi yang berlaku.

Dengan inovasi dan pengembangan produk yang tepat, apoteker dapat meningkatkan kualitas pelayanan, efisiensi operasional, dan daya saing di dunia farmasi yang semakin dinamis.

## **5. Pengembangan Kompetensi**

Apoteker akan terus mengembangkan kompetensi dan pengetahuan mereka, terutama dalam bidang teknologi, data sains, dan manajemen kesehatan, untuk menghadapi tantangan dan peluang di masa depan agar dapat memberikan pelayanan kefarmasian yang berkualitas dan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini penting untuk menjamin keselamatan pasien dan efektivitas terapi obat. Upaya pengembangan kompetensi apoteker dalam dilakukan melalui pendidikan berkelanjutan seperti seminar, pelatihan, workshop, dan program sertifikasi untuk memperbarui pengetahuan dan keterampilan; pelatihan internal kepada staf baik yang bersifat teknis maupun non-teknis, mengikuti program magang di fasilitas kesehatan lain, re-sertifikasi untuk memastikan bahwa kompetensi mereka tetap terjaga dan pengembangan kompetensi secara mandiri dengan membaca buku, jurnal, dan artikel ilmiah, serta mengikuti perkembangan teknologi dan informasi terbaru.

Dengan pengembangan kompetensi yang berkelanjutan, apoteker diharapkan dapat lebih optimal berkontribusi dalam pelayanan kesehatan dan memastikan bahwa pasien mendapatkan terapi obat yang bermutu, aman dan efektif.

## **6. Peran dalam Situasi Darurat**

Dalam situasi darurat, apoteker memiliki peran penting sebagai penyedia obat, pendukung logistik, edukator, dan penasihat klinis. Apoteker tidak hanya harus memastikan ketersediaan obat-obatan yang dibutuhkan, tetapi juga memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat dan tenaga kesehatan lain. Beberapa peran apoteker dalam situasi darurat adalah sebagai penyedia dan pengelola sediaan farmasi dan alat kesehatan; edukator dan pemberi informasi khususnya terkait obat dan penggunaannya secara tepat; penasihat klinis kepada tenaga kesehatan lain tentang penggunaan obat-obatan yang aman dan efektif, pemilihan dan penyesuaian dosis obat, potensi interaksi obat dan efek samping obat; berpartisipasi dalam tim tanggap darurat untuk membantu penanganan korban bencana, membantu dalam pemetaan penyakit yang diderita oleh korban untuk mencegah penyebaran penyakit menular dan membantu dalam penanganan luka bakar, keracunan, dan kecelakaan; memberikan pelatihan dan edukasi kepada masyarakat tentang kesiapsiagaan bencana, pentingnya

pengobatan mandiri sebagai upaya tanggap bencana dan membantu manajemen obat dalam situasi darurat.

Dengan demikian apoteker menjadi bagian penting dalam penanggulangan situasi darurat, baik dalam aspek medis maupun non-medis.

Semua peran yang terus berkembang ini, menjelaskan bahwa apoteker masa kini dan masa depan bukan hanya menjadi pelaksana teknis, melainkan mitra strategis dalam sistem kesehatan. Profesi ini menuntut kombinasi antara keahlian ilmiah, kemampuan komunikasi, kecanggihan teknologi, serta komitmen dalam memberikan pelayanan kesehatan.

## **10.2 Apoteker sebagai Praktisi Klinis**

Dalam beberapa dekade terakhir, peran apoteker telah mengalami transformasi yang signifikan. Dari yang semula berfokus pada penyediaan dan distribusi obat, kini apoteker mulai diakui sebagai bagian integral dari tim layanan kesehatan yang berkontribusi secara langsung terhadap perawatan pasien. Pada saat ini peran apoteker sudah semakin berkembang ke arah klinis, menempatkan apoteker sebagai praktisi yang aktif dalam pengelolaan dan pemantauan terapi obat secara menyeluruh.

Peran apoteker klinis bukan sekadar membantu dokter memilih obat yang tepat, tetapi mencakup keterlibatan yang lebih dalam dalam pengambilan keputusan terapi, edukasi pasien, serta pencegahan risiko penggunaan obat. Profesi ini menuntut

kemampuan komunikasi interpersonal yang baik, pemahaman klinis yang kuat, serta keterampilan kerja sama tim antarprofesi. Berikut merupakan kegiatan pelayanan farmasi klinis yang masih memerlukan perhatian lebih agar peran apoteker dalam memberikan layanan kesehatan semakin diperhitungkan.

#### **10.2.1 Penelusuran Riwayat Penggunaan Obat**

Dalam praktiknya, apoteker akan melakukan penelusuran riwayat penggunaan obat (*medication review*) secara berkala, terutama bagi pasien yang menerima banyak jenis obat sekaligus. Hal ini dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai seluruh obat/ sediaan farmasi lain yang pernah dan sedang digunakan dengan cara wawancara atau menelusuri data rekam medik/ pencatatan penggunaan obat pasien.

#### **10.2.2 Rekonsiliasi Obat**

Apoteker harus melaksanakan kegiatan rekonsiliasi obat kepada pasien terutama dalam 3 fase rawat inap, yaitu pada saat pasien akan dirawat (admisi), pada saat pindah rawat/ dirujuk dari ruangan/ fasilitas kesehatan satu ke ruangan/ fasilitas kesehatan lain, dan pada saat pasien akan pulang rawat (*discharge*). Kegiatan ini dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kesalahan obat seperti obat tidak diberikan, duplikasi, kesalahan dosis atau interaksi obat. Kesalahan obat (*medication error*) sangat rentan terjadi pada saat terjadi pemindahan pasien dari ruangan/ fasilitas kesehatan satu ke ruangan/ fasilitas kesehatan lain serta pada pasien yang keluar dari rumah sakit baik dirujuk maupun pulang rawat.

### **10.2.3. Pelayanan Informasi Obat (PIO)**

Dalam melaksanakan PIO apoteker menyediakan dan memberikan informasi, rekomendasi obat yang independen, akurat, tidak bias, terkini dan komprehensif kepada apoteker lain, dokter, perawat, profesi kesehatan lain serta pasien dan keluarga pasien. PIO dapat dilaksanakan secara aktif dengan melakukan dialog secara langsung baik melalui tatap muka atau telepon serta media komunikasi lain, atau secara pasif dengan menerbitkan buletin, *leaflet*, poster dan/ atau *newsletter*.

### **10.2.4. Konseling**

Komunikasi yang efektif menjadi kunci dalam peran klinis apoteker. Konseling obat yang dilakukan dengan jelas dan empatik membantu pasien memahami cara penggunaan obat yang benar, potensi efek samping, serta pentingnya mematuhi terapi pengobatan. Hal ini terutama penting bagi pasien usia lanjut, pasien dengan keterbatasan literasi kesehatan, dan mereka yang menjalani terapi kompleks.

Konseling yang baik juga dapat mencegah penggunaan obat yang salah, meningkatkan kepuasan pasien, serta memperkuat hubungan kepercayaan antara pasien dan tenaga kesehatan (*Nguyen et al., 2022*).

### **10.2.5 Visite**

Visite yang saat ini dilaksanakan oleh apoteker di rumah sakit atau puskesmas dan klinik kebanyakan secara mandiri tanpa kolaborasi dengan tenaga kesehatan lain. Ke depannya apoteker harus sudah semakin kolaboratif dalam memberikan pelayanan

kefarmasiannya termasuk dalam pelaksanaan kegiatan visite agar hasil pengamatan kondisi klinis, pemantauan terapi obat dan kajian masalah terkait obat dapat didiskusikan pada saat visite, mendapatkan solusi dan rencana perawatan yang dapat langsung ditindaklanjuti untuk perbaikan klinis pasien. Pelayanan kefarmasian di rumah (*home pharmacy care*) juga menjadi hal yang perlu diperhatikan dan dilaksanakan lebih optimal agar tujuan terapi pasien tercapai khususnya bagi pasien yang berkendala dengan mobilitas.

### **10.2.6 Pemantauan Terapi Obat (PTO)**

Salah satu peran utama apoteker sebagai praktisi klinis adalah memantau terapi obat yang diberikan kepada pasien. Tugas ini mencakup peninjauan regimen obat secara menyeluruh, mengevaluasi efektivitas, serta menilai adanya potensi risiko seperti interaksi obat dan duplikasi terapi.

Dengan melaksanakan pemantauan ini, apoteker dapat membantu memastikan bahwa terapi obat memberikan manfaat maksimal dengan risiko minimal. Pemantauan ini juga penting dalam mengurangi kejadian yang tidak diharapkan, seperti reaksi obat yang merugikan (*adverse drug reaction*) atau kesalahan dosis (Wang et al., 2021).

### **10.2.7 Monitoring Efek Samping Obat (MESO)**

Efek samping obat bisa menimbulkan konsekuensi serius, terutama bila tidak dikenali sejak dini. Apoteker memiliki posisi strategis dalam mendeteksi gejala awal dari *adverse drug reaction* melalui peninjauan pola penggunaan obat, hasil laboratorium, dan

keluhan pasien. Mereka juga dapat menyarankan perubahan regimen atau mengganti obat jika ditemukan risiko yang lebih besar dari manfaatnya. Tindakan pencegahan ini menunjukkan bahwa apoteker bukan hanya pelaksana teknis, tetapi juga mitra strategis dalam menjamin keselamatan pasien (*Alomi et al., 2023*).

Paradigma MESO bagi sebagian besar apoteker saat ini merupakan kegiatan pasif, dalam arti akan ditindaklanjuti apabila ada laporan efek samping obat dari pasien, keluarga pasien, dokter, perawat dan tenaga kesehatan lain. Pada dasarnya kegiatan MESO juga perlu dilaksanakan secara aktif oleh apoteker dalam pelayanan kefarmasian sehari-hari dengan melakukan wawancara singkat kepada pasien mengenai efek tidak diharapkan yang dirasakan pasien pada saat pasien menggunakan obat. Hal ini penting untuk diketahui dan ditindaklanjuti karena apabila hal ini tidak termonitoring dapat menyebabkan pasien tidak patuh dalam menggunakan obat, dan bahkan tidak meminum obatnya sama sekali jika mendapatkan terapi yang sama di kemudian hari.

#### **10.2.8 Evaluasi Penggunaan Obat (EPO)**

EPO menjadi salah satu kegiatan pelayanan kefarmasian yang memberikan banyak manfaat baik bagi apoteker secara individu, maupun bagi tenaga kesehatan lain dan fasilitas kesehatan tempat mereka melaksanakan pelayanan kesehatan. Dengan EPO apoteker, tenaga kesehatan lain dan fasilitas kesehatan dapat mengevaluasi kebutuhan obat, efektivitas pelayanan kesehatan yang sudah diberikan serta pengembangan fasilitas kesehatan.

### **10.2.9 Dispensing Sediaan Steril**

Pencampuran obat suntik, penyiapan nutrisi parenteral dan penanganan sediaan sitostatik pada saat ini masih banyak yang dikerjakan oleh tenaga kesehatan non farmasi. Hal ini harus menjadi perhatian karena kegiatan dispensing steril merupakan ranah tanggung jawab dan tugas tenaga kesehatan farmasi termasuk apoteker yang secara keilmuan sangat memahami mengenai stabilitas, penanganan dan penyimpanan obat termasuk obat steril sehingga mutu dan efektivitasnya dapat tetap terjamin mulai dari perencanaan sampai obat digunakan oleh pasien yang memerlukan.

### **10.2.10 Pemantauan Kadar Obat dalam Darah (PKOD)**

PKOD menjadi salah satu kegiatan pelayanan farmasi klinik yang paling jarang dilaksanakan di fasilitas kesehatan terutama di rumah sakit dengan alasan tingginya biaya fasilitas termasuk peralatan yang digunakan pada kegiatan ini. Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi ke depannya diharapkan fasilitas dan peralatan yang diperlukan dapat dibuat dalam bentuk yang lebih sederhana, mudah diaplikasikan dengan biaya yang lebih terjangkau sehingga pelaksanaan PKOD dapat dilaksanakan oleh apoteker di seluruh fasilitas kesehatan terutama untuk pasien yang memerlukan pemantauan kadar obatnya karena obat yang digunakan termasuk ke dalam kategori obat dengan indeks terapi sempit.

Peran klinis apoteker tidak dapat berdiri sendiri. Untuk memberikan pelayanan yang menyeluruh, diperlukan kolaborasi dengan dokter, perawat, ahli gizi, dan tenaga kesehatan lainnya.

Komunikasi tim yang baik memastikan setiap keputusan terapi telah mempertimbangkan berbagai aspek, baik dari sisi medis, farmakologis, maupun sosial pasien.

Kolaborasi ini menempatkan apoteker sebagai bagian dari sistem pelayanan yang terintegrasi dan berorientasi pada kebutuhan pasien (*Smith et al., 2020*).

### **10.3 Apoteker sebagai Inovator dan Peneliti**

Peran apoteker di masa mendatang tidak lagi terbatas pada kegiatan pelayanan obat di apotek atau rumah sakit. Mereka akan menjadi ujung tombak dalam pengembangan terapi baru, integrasi teknologi digital dalam praktik farmasi, serta perancang kebijakan berbasis data ilmiah. Untuk itu, diperlukan pemahaman tentang ragam kontribusi apoteker dalam ekosistem inovasi dan ilmu pengetahuan.

#### **10.3.1 Pengembangan Obat Baru dan Terapi Presisi**

Salah satu pilar utama peran apoteker sebagai inovator terletak pada keterlibatan mereka dalam proses riset dan pengembangan sediaan farmasi. Dalam konteks ini, apoteker tidak hanya berkontribusi sebagai pelaksana teknis, melainkan juga sebagai perancang terapi berbasis individual atau *precision therapy*. Terapi ini menggunakan informasi genetik, biokimia, dan fisiologis pasien untuk menyesuaikan pilihan pengobatan yang paling efektif dan aman.

Apoteker berperan penting dalam tahap *formulasi*, pengujian stabilitas, validasi *bioavailability*, dan monitoring pasca penggunaan (*post-marketing surveillance*). Perkembangan teknologi *bioinformatics* dan farmakogenomik memungkinkan apoteker melakukan analisis mendalam terhadap respons individual terhadap obat tertentu, sehingga mendukung terciptanya terapi yang lebih personal (Marin et al., 2022).

### **10.3.2 Inovasi Teknologi Farmasi dan Kesehatan Digital**

Di era digital, apoteker juga menjadi penggerak utama dalam pengembangan solusi teknologi yang mendukung pengobatan. Hal ini mencakup pengembangan aplikasi *mobile health*, integrasi sistem informasi obat, serta penggunaan *artificial intelligence (AI)* untuk pemantauan terapi dan pengambilan keputusan klinis.

Teknologi seperti *AI-based decision support system* telah digunakan untuk mendeteksi interaksi obat kompleks, mengingatkan pasien terhadap jadwal minum obat, dan bahkan memprediksi efek samping berdasarkan riwayat penggunaan obat. Peran apoteker dalam merancang algoritma klinis dan struktur edukasi digital menjadi kunci untuk menjaga akurasi informasi yang sampai ke masyarakat (International Pharmaceutical Federation, 2021).

### **10.3.3 Riset Farmakoekonomi dan Farmakoepidemiologi**

Kontribusi strategis lainnya dari apoteker terletak pada kegiatan riset yang berkaitan dengan efisiensi dan dampak sistemik penggunaan obat. Melalui kajian farmakoekonomi, apoteker mengevaluasi efektivitas biaya dari berbagai intervensi terapi dan

memberikan data konkret untuk mendukung keputusan pengadaan atau perumusan formularium nasional.

Sementara itu, dalam bidang farmakoepidemiologi, apoteker menganalisis pola penggunaan obat dalam populasi, mengidentifikasi potensi masalah kesehatan masyarakat, serta merancang intervensi berbasis data untuk mengurangi risiko obat. Riset di bidang ini sangat penting, terutama di negara berkembang yang menghadapi keterbatasan anggaran dan kompleksitas beban penyakit ganda (Wulandari et al., 2021).

#### **10.3.4 Kepemimpinan Apoteker dalam Inovasi**

Perubahan peran apoteker dari pelaksana menjadi pemimpin inovasi membutuhkan integrasi kompetensi teknis, kemampuan berpikir sistemik, dan keberanian mengambil keputusan strategis. Apoteker masa depan harus mampu membangun kolaborasi lintas sektor—dengan insinyur perangkat lunak, ahli biologi molekuler, ekonom kesehatan, serta pembuat kebijakan.

Dengan pendekatan transdisipliner tersebut, apoteker memiliki posisi yang unik untuk menjadi jembatan antara teknologi dan kebutuhan klinis, antara data dan praktik nyata. Transformasi ini menegaskan bahwa farmasi bukan hanya tentang obat, tetapi juga tentang inovasi berkelanjutan yang menjawab tantangan kesehatan masyarakat.

## **10.4 Apoteker sebagai Pendidik dan Advokat Kesehatan**

Peran apoteker dalam sistem pelayanan kesehatan modern tidak hanya terbatas pada penyediaan dan distribusi obat. Di tengah meningkatnya kompleksitas terapi dan tantangan global di bidang kesehatan, apoteker memiliki tanggung jawab yang lebih luas sebagai pendidik serta advokat kesehatan di tingkat individu maupun masyarakat. Fungsi ini tidak hanya berakar pada kompetensi ilmiah, tetapi juga pada peran sosial yang melekat dalam profesi kefarmasian.

### **10.4.1 Edukasi Masyarakat mengenai Obat dan Kesehatan**

Salah satu peran kunci apoteker sebagai pendidik adalah memberikan pemahaman yang benar kepada masyarakat mengenai penggunaan obat. Edukasi ini meliputi informasi tentang cara penggunaan obat yang tepat, efek samping yang mungkin terjadi, interaksi dengan obat lain atau makanan, serta pentingnya kepatuhan terhadap jadwal pengobatan.

Edukasi yang diberikan oleh apoteker menjadi sangat penting mengingat masih banyak masyarakat yang memiliki pemahaman terbatas atau bahkan keliru terkait obat. Kesalahan penggunaan obat, seperti mengonsumsi antibiotik tanpa indikasi atau menghentikan terapi secara sepihak, dapat berdampak serius terhadap kesehatan individu dan masyarakat luas.

Dengan keterlibatan aktif apoteker dalam penyuluhan kesehatan—baik melalui konsultasi langsung di apotek, kegiatan

masyarakat, maupun media digital—tingkat literasi kesehatan masyarakat dapat ditingkatkan secara signifikan (Hakim & Farida, 2022). Peran ini menjadi semakin relevan dalam menghadapi isu global seperti resistensi antimikroba dan penggunaan obat tradisional yang tidak terstandar.

#### **10.4.2 Pelatihan Farmasis Baru dan Pengembangan Kurikulum**

Selain berperan dalam mendidik masyarakat, apoteker juga memiliki peran penting dalam proses pembentukan generasi farmasis yang baru. Banyak apoteker berpengalaman yang terlibat dalam pelatihan klinis, bimbingan praktik, hingga pengembangan kurikulum pendidikan farmasi yang lebih kontekstual dan aplikatif.

Dalam hal ini, apoteker berperan sebagai fasilitator yang menjembatani antara teori dan praktik lapangan. Dengan berbagi pengalaman nyata dan kasus-kasus autentik, mereka membantu menciptakan pemahaman yang lebih dalam bagi peserta didik tentang peran farmasi dalam sistem pelayanan kesehatan secara utuh.

Penguatan peran apoteker dalam ranah pendidikan juga menjadi strategi penting dalam meningkatkan kualitas tenaga farmasi ke depan. Di tengah perkembangan terapi yang semakin kompleks dan munculnya teknologi baru seperti *personalized medicine*, proses pembelajaran pun harus terus beradaptasi agar relevan dengan kebutuhan zaman (Sasmita & Nugroho, 2021).

### **10.4.3 Advokasi untuk Penggunaan Obat yang Rasional dan Aman**

Tidak kalah penting, apoteker juga berperan sebagai advokat dalam merumuskan dan mendorong kebijakan publik yang mendukung penggunaan obat secara rasional dan aman. Peran ini membutuhkan kemampuan komunikasi lintas sektor, pemahaman kebijakan kesehatan, serta keberanian untuk menyuarakan isu-isu strategis di bidang farmasi.

Advokasi dapat dilakukan dengan memberikan masukan kepada pembuat kebijakan, terlibat dalam forum konsultatif, atau memimpin kampanye publik mengenai isu seperti keamanan obat, akses terhadap obat esensial, dan regulasi produk farmasi. Dengan posisi yang unik di antara dunia klinis dan komunitas, apoteker memiliki potensi besar untuk menjadi penghubung antara bukti ilmiah dan kebutuhan masyarakat.

Upaya advokasi ini telah menunjukkan dampak nyata di berbagai negara, terutama dalam upaya mendorong kebijakan pengendalian antibiotik, pengaturan harga obat, dan sistem pelaporan efek samping yang lebih transparan (Tan et al., 2020).

Dengan menjalankan fungsi sebagai pendidik dan advokat, apoteker memperluas kontribusinya dalam sistem kesehatan, bukan hanya sebagai penyedia layanan teknis, tetapi juga sebagai agen perubahan sosial yang berorientasi pada keadilan kesehatan dan perlindungan masyarakat.

## **10.5 Tantangan dan Peluang dalam Profesi Apoteker**

Tantangan utama apoteker di masa depan meliputi perkembangan teknologi yang pesat, tuntutan akan standar mutu layanan yang tinggi, dan kompleksitas dalam memberikan pelayanan kepada pasien, terutama dalam era digital.

Dalam menghadapi perkembangan teknologi apoteker harus terus belajar dan beradaptasi dengan perkembangan teknologi, seperti sistem pelayanan kesehatan digital, penggunaan AI dalam riset obat, dan otomasi manajemen pelayanan. Tuntutan akan standar mutu pelayanan yang tinggi dalam hal akurasi dosis, pemilihan obat, dan kecepatan pelayanan, serta perlunya menguasai sistem teknologi informasi yang canggih, dan kompleksitas dalam memberikan pelayanan kepada pasien perlu diatasi dengan meningkatkan kompetensi diri secara berkesinambungan agar terus dapat mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini.

Selain tantangan terdapat peluang yang terbuka lebar bagi apoteker, terutama dalam bidang farmasi klinis, riset obat baru, dan pengembangan terapi yang dipersonalisasi. Dengan peluang tersebut apoteker yang mampu beradaptasi dengan perubahan dan mengembangkan keterampilan baru akan memiliki peran yang semakin penting dalam sistem kesehatan.

Masa depan profesi apoteker menjanjikan peluang yang besar dan penuh dengan tantangan. Apoteker yang mampu

beradaptasi dengan perkembangan teknologi, menguasai keterampilan baru, dan memahami dinamika industri farmasi akan memiliki peran yang semakin penting dalam sistem kesehatan. Pengembangan kompetensi diri yang salah satunya meliputi pendidikan dan pelatihan yang tepat, serta dukungan dari berbagai pihak, akan menjadi kunci keberhasilan apoteker di masa depan.

## **10.6 Latihan Soal**

1. Sebutkan tiga peran baru apoteker di masa depan.
2. Mengapa pengembangan kompetensi penting bagi seorang apoteker?
3. Jelaskan bagaimana apoteker dapat berperan dalam inovasi teknologi farmasi.
4. Apa tantangan utama apoteker di masa depan?
5. Kompetensi apa yang paling penting untuk apoteker masa depan?

# Profile Penulis

---



apt. Lidia Klorida Br. Barus, S.Farm., M.Farm., lahir di Talun Kenas pada 22 Januari 1997 dan saat ini berdomisili di Deli Serdang, Sumatera Utara. Ia merupakan seorang apoteker dan lulusan Magister Farmasi yang aktif dalam bidang pendidikan, pengembangan profesi kefarmasian, serta pelayanan kesehatan masyarakat. Sebagai pribadi yang menghargai ketenangan dan waktu reflektif, Lidia menikmati momen-momen sederhana seperti mendengarkan musik atau menonton drama untuk menenangkan pikiran dan menjaga keseimbangan diri. Baginya, ketenangan adalah sumber energi untuk tetap produktif, kreatif, dan fokus dalam menjalani aktivitas profesional maupun akademik. Dalam karyanya, Lidia menyampaikan pesan hangat kepada para pembaca: *“Terima kasih sudah meluangkan waktu membaca. Semoga tulisan ini menjadi salah satu bagian kecil yang memberi makna bagi proses belajar kita bersama.”*



Dr. Apt. Titta Hartyana Sutarna, S.Si., M.Sc., lahir di Tanjung Karang pada 22 Oktober 1982 dan saat ini berdomisili di Komplek Graha Kencana Residence, Blok I No. 2, Cibeber, Cimahi Selatan, Kota Cimahi, Jawa Barat. Beliau merupakan dosen tetap di Program Studi Farmasi, Universitas Jenderal

Achmad Yani (Unjani), dengan rekam jejak akademik yang kuat dan konsisten di bidang ilmu farmasi. Riwayat pendidikannya dimulai dari program Sarjana Farmasi di Universitas Padjadjaran (UNPAD) yang diselesaikan pada tahun 2006, dilanjutkan dengan pendidikan profesi Apoteker di Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2007. Beliau melanjutkan studi magister di bidang farmasi di UGM dan lulus pada tahun 2008, kemudian meraih gelar doktor (S3) di bidang yang sama dari UNPAD pada tahun 2023. Dengan kepakaran di bidang farmasi, Dr. Titta aktif dalam kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat. Komitmennya terhadap kemajuan ilmu kefarmasian tercermin dalam berbagai karya akademik dan kontribusi dalam dunia pendidikan tinggi. Melalui karyanya, beliau menyampaikan pesan sederhana namun sarat makna: *“Semoga membawa kebermanfaatan yang sebanyak-banyaknya bagi yang membaca.”*



Dr. apt. Faizal Hermanto, M.Si., lahir di Bandung pada 12 Oktober 1982 dan saat ini berdomisili di Kelurahan Gempolsari, Kecamatan Bandung Kulon. Ia merupakan akademisi sekaligus praktisi di bidang farmasi, dengan latar belakang pendidikan dan pengalaman yang mendalam dalam dunia kefarmasian. Pendidikan sarjananya ditempuh di Jurusan Farmasi, Universitas Jenderal Achmad Yani (2000–2004), dilanjutkan dengan program profesi apoteker di Universitas Padjadjaran (2004–2005). Ia kemudian melanjutkan studi magister di Sekolah Farmasi Institut Teknologi Bandung (2009–2011), dan meraih gelar doktor (S3) dalam bidang farmasi dari Universitas Padjadjaran pada tahun 2022. Saat ini, ia aktif sebagai dosen di Fakultas Farmasi, Universitas Jenderal Achmad Yani, tempat ia juga membimbing riset dan pengembangan keilmuan farmasi klinis, teknologi sediaan obat, dan kebijakan farmasi. Melalui buku ini, ia menyampaikan pesan kepada para pembaca: *“Buku Farmasi Terkini: Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern mengajak pembaca untuk menyelami dinamika dunia farmasi yang terus berkembang. Kami membahas berbagai inovasi terkini dalam pengobatan, teknologi farmasi, dan praktik klinis, serta menyoroti peran penting apoteker dalam memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap kesehatan masyarakat. Buku ini dirancang untuk memberikan wawasan komprehensif tentang bagaimana apoteker dapat berperan sebagai*

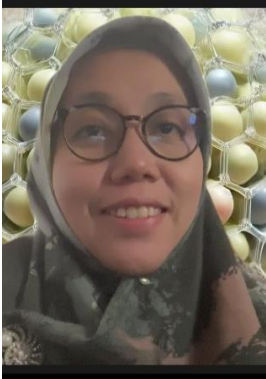
*garda terdepan dalam memberikan terapi yang aman, efektif, dan berbasis bukti di era modern yang penuh tantangan ini.”*



apt. Selpida Handayani, S.Farm., M.Si., lahir di Pinrang pada 29 Agustus 1986 dan saat ini berdomisili di Kabupaten Gowa, Makassar. Ia merupakan seorang apoteker dan akademisi di bidang farmasi yang aktif dalam pendidikan dan pengembangan ilmu kefarmasian. Dengan latar belakang pendidikan farmasi dari jenjang sarjana hingga magister, Selpida berkomitmen untuk membagikan ilmu serta menginspirasi generasi penerus dalam memahami pentingnya profesi farmasi dalam sistem kesehatan. Di luar aktivitas akademik, ia juga menyalurkan minatnya dalam dunia seni, khususnya menyanyi, sebagai bentuk ekspresi diri dan keseimbangan hidup. Melalui buku ini, ia menyampaikan pesan reflektif yang menjadi dasar dari semangat belajar seumur hidup: *“Dengan belajar, kita semakin mengenal Sang Pencipta.”*



apt. Supriadi, S.Si., M.Farm., lahir di Lubuk Linggau pada 30 September 1972 dan saat ini berdomisili di Kota Jambi, Provinsi Jambi. Ia merupakan seorang apoteker dan akademisi di bidang farmasi yang telah berkontribusi dalam pendidikan dan pengembangan ilmu kefarmasian di berbagai sektor, baik akademik maupun praktik. Dengan latar belakang pendidikan Sarjana Sains dan Magister Farmasi, Supriadi memiliki komitmen tinggi dalam memperluas akses terhadap informasi kesehatan yang akurat dan berbasis ilmu pengetahuan. Di luar aktivitas profesionalnya, ia memiliki hobi berolahraga dan menikmati musik, yang menurutnya merupakan cara terbaik untuk menjaga keseimbangan fisik dan mental. Melalui buku ini, ia menyampaikan harapannya kepada para pembaca: *“Semoga buku ini bisa menambah wawasan ilmu pengetahuan dan kesehatan bagi para pembaca.”*



apt. Ririn Puspawati, S.Si., M.Si., lahir di Ternate pada 1 Juli 1977 dan saat ini berdomisili di Bandung. Ia merupakan seorang apoteker dan akademisi yang aktif dalam pengembangan ilmu farmasi serta peningkatan peran apoteker dalam sistem pelayanan kesehatan. Dengan latar belakang pendidikan di bidang ilmu farmasi dari jenjang sarjana hingga magister, Ririn memiliki komitmen tinggi terhadap peningkatan kualitas pendidikan farmasi dan kontribusi profesi apoteker dalam masyarakat. Di tengah kesibukannya, ia menikmati menonton film sebagai bentuk relaksasi dan sumber inspirasi dalam kehidupan sehari-hari. Melalui buku ini, ia menyampaikan harapannya kepada para pembaca: *“Dengan membaca buku ini, Anda akan memahami perkembangan terbaru dalam bidang farmasi dan bagaimana apoteker dapat berperan aktif dalam meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat.”*



apt. Bangkit Riska Permata, M.Farm., lahir di Sukoharjo pada 20 Mei 1991 dan saat ini berdomisili di Jumok, RT 02/RW 06, Delingan, Karanganyar. Ia merupakan seorang akademisi di bidang farmasi yang aktif sebagai dosen dan memiliki komitmen tinggi terhadap pengembangan ilmu kefarmasian, baik dalam aspek pendidikan, praktik, maupun etika profesi. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana dan Magister Farmasi di Universitas Setia Budi serta memperoleh gelar Apoteker dari Universitas Muhammadiyah. Dengan latar belakang pendidikan yang kuat, Bangkit Riska Permata terlibat aktif dalam membimbing mahasiswa serta turut serta dalam kegiatan akademik dan pengabdian masyarakat. Melalui karya ini, ia menyampaikan pesan singkat namun bermakna: *“Semangat dan selalu menanamkan kejujuran.”* Nilai integritas dan semangat belajar menjadi fondasi utama dalam setiap langkahnya sebagai pendidik dan peneliti.



apt. Rizky Yulion Putra, M.Farm., lahir di Payakumbuh pada 4 Juli 1987 dan saat ini berdomisili di Kota Jambi. Ia merupakan seorang apoteker dan akademisi di bidang farmasi yang memiliki minat mendalam dalam penulisan dan pengembangan literatur ilmiah. Sebagai praktisi sekaligus penulis, Rizky aktif dalam menulis artikel ilmiah yang bertujuan memperluas wawasan dan pemahaman di bidang kefarmasian. Komitmennya terhadap keseimbangan antara teori, praktik, dan publikasi ilmiah menjadikan dirinya sebagai sosok yang terus mendorong integrasi antara keilmuan dan penerapannya di lapangan. Ia percaya bahwa proses belajar tidak hanya berhenti pada membaca, tetapi juga perlu dilengkapi dengan praktik nyata dan dokumentasi ilmiah. Dalam pesannya kepada pembaca, ia menyampaikan: *“Keseimbangan dalam membaca, menulis, dan praktik adalah kunci untuk memahami perihal kompleks.”*



apt. Kurniatul Hasanah, S.Si., M.Farm., lahir di Jakarta pada 14 Oktober 1980 dan saat ini berdomisili di Jalan Lenteng Agung RT 004/RW 02, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12610. Ia merupakan seorang apoteker dan dosen yang berdedikasi dalam dunia pendidikan tinggi di bidang kefarmasian.

Pendidikan magister (S2) di bidang Kefarmasian ia selesaikan di Universitas Indonesia. Dengan latar belakang akademik yang kuat dan pengalaman sebagai tenaga pendidik, ia aktif membimbing mahasiswa serta terlibat dalam kegiatan pengembangan profesi dan keilmuan farmasi. Dalam perannya sebagai pendidik, ia terus mendorong pentingnya keterpaduan antara teori dan praktik, serta menjadikan pengalaman sebagai salah satu sumber pembelajaran yang berharga. Dalam pesan singkatnya, ia menyampaikan: *“Banyak menggali pengetahuan dan pengalaman untuk bekal implementasi keilmuan dan profesi di masa mendatang.”*

# Daftar Pustaka

---

Abeywardhana, D. K. Y. (2017). Capital Structure Theory: An Overview. *Accounting and Finance Research*, 6.

Ahmad, N., Yusuf, R., & Santoso, H. (2021). Implementation of pharmacy information systems in improving medication management accuracy. *Journal of Health Informatics*, 12(3), 145–154. <https://doi.org/10.1234/jhi.2021.12345>

Ajulo, S., & Awosile, B. (2024). Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS 2022): Investigating the relationship between antimicrobial resistance and antimicrobial consumption data across the participating countries. *PLOS ONE*, 19(2), e0297921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0297921>

Alara, J. A., & Alara, O. R. (2024). An Overview of the Global Alarming Increase of Multiple Drug Resistant: A Major Challenge in Clinical Diagnosis. *Infectious Disorders - Drug Targets*, 24(3). <https://doi.org/10.2174/1871526523666230725103902>

Al-Arifi, M. N. (2019). Patients' perception, views and satisfaction with pharmacists' role as health care provider in community pharmacy setting at Riyadh, Saudi Arabia. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(4), 523–528.

Al-Arifi, M. N., Alshahrani, M. H., Alghamdi, A., & Wajid, S. (2020). Impact of pharmacist counseling on medication adherence and clinical outcomes among patients with chronic diseases. *Saudi*

*Pharmaceutical Journal*, 28(10), 1234–1240.

<https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.08.009>

Alderborn, G. (2002). Tablets and compaction. In M. E. Aulton (Ed.), *Aulton's Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines* (2nd ed., pp. 397–440). Churchill Livingstone.

Alderborn, G., & Nystrom, C. (2021). *Pharmaceutical Powder Compaction Technology* (2nd ed.). CRC Press.

Allemann, S. S., Krähenbühl, M., Lampert, M. L., & Hersberger, K. E. (2022). Community pharmacists' role in supporting the appropriate use of medicines and medication adherence in chronic conditions. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 18(3), 2855–2862.

<https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2021.04.004>

Allen, H. B., Hossain, C., Abidi, N., Larijani, M., & Joshi, S. G. (2017). Penicillin: The Old/New Wonder Drug. *Advanced Techniques in Biology & Medicine*, 05(01).

<https://doi.org/10.4172/2379-1764.1000197>

Allen, L. V., Popovich, N. G., & Ansel, H. C. (2021). *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems* (12th ed.). Wolters Kluwer.

Al-Mekhlafi, A. B. A., Isha, A. S. N., Abdulrab, M., Ajmal, M., & Kanwal, N. (2022). Moderating Effect of Safety Culture on The Association Inter Work Schedule and Driving Performance Using the Theory of Situation Awareness. *Heliyon*, 8(11).

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11289>.

Alomi, Y. A., Alghamdi, S. J., & Alattyh, R. A. (2023). Role of clinical pharmacists in preventing adverse drug reactions: Experience from hospital-based practice. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 31(1), 12–18.

Alrasheedy, A. A., Hassali, M. A., Aljadhey, H., & Godman, B. (2020). Consumer perceptions of generic medicines in low and middle-income countries: A review of the literature. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 42(2), 319–330. <https://doi.org/10.1007/s11096-020-00977-y>

Anandabaskar, N. (2021). Protein Synthesis Inhibitors. In *Introduction to Basics of Pharmacology and Toxicology* (pp. 835–868). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6009-9\\_55](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6009-9_55)

Ancillotti, M., Eriksson, S., Veldwijk, J., Nihlén Fahlquist, J., Andersson, D. I., & Godsken, T. (2018). Public awareness and individual responsibility needed for judicious use of antibiotics: a qualitative study of public beliefs and perceptions. *BMC Public Health*, 18(1), 1153. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6047-8>

Aulton, M. E., & Taylor, K. M. G. (2018). *Aulton's pharmaceuticals: The design and manufacture of medicines* (5th ed.). Elsevier.

Awortwe, C., Biney, R. P., & Agyapong, N. (2021). Herbal medicine–drug interactions: Are we missing the essentials? *Frontiers in Pharmacology*, 12, 648972. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.648972>

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2020). *Monografi Fitofarmaka Indonesia*. Direktorat Obat Tradisional, Suplemen Kesehatan, dan Kosmetik.

Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2020). *Pedoman registrasi obat tradisional Indonesia*. BPOM.

Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2022). *Laporan Tahunan BPOM 2021*. Jakarta: BPOM RI.

Bailey, D. G., Dresser, G., & Arnold, J. M. (2013). Grapefruit–medication interactions: Forbidden fruit or avoidable consequences? *CMAJ*, 185(4), 309–316.

Baird, R., Bridgewater, L., & Hughes, J. (2021). Cleaning and disinfection in pharmaceutical manufacturing: principles and practice. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 110(4), 1345–1358.

Basketter, D. A., Angelini, G., Ingber, A., Kern, P. S., & Menné, T. (2012). Nickel, chromium and cobalt in consumer products: Revisiting safe levels in the new millennium. *Contact Dermatitis*, 66(2), 63–74. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.2011.02079.x>

Betsch, C., Schmid, P., Heinemeier, D., Korn, L., Holtmann, C., & Böhm, R. (2018). Beyond confidence: Development of a measure assessing the 5C psychological antecedents of vaccination. *PLoS ONE*, 13(12), e0208601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208601>

Bobak, I. M., Lowdermilk, D. L., & Jensen, M. D. (2016). *Maternity Nursing*. Elsevier.

Bottalico, L., Charitos, I. A., Potenza, M. A., Montagnani, M., & Santacroce, L. (2022). The war against bacteria, from the past to present and beyond. *Expert Review of Anti-Infective Therapy*, 20(5), 681–706. <https://doi.org/10.1080/14787210.2022.2013809>

Brunton, L. L., Hilal-Dandan, R., & Knollmann, B. C. (2018). *Goodman & Gilman's the Pharmacological Basis of Therapeutics* (13th ed.). McGraw-Hill Education.

Burson, R. C., Bутtenheim, A. M., Armstrong, A., & Feemster, K. A. (2021). Community pharmacists as vaccine advocates: A novel role in reducing vaccine hesitancy and improving coverage. *Vaccine*, 39(15), 2023–2028. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.02.054>

Caudle, K. E., Dunnenberger, H. M., Freimuth, R. R., Peterson, J. F., Burlison, J. D., Whirl-Carrillo, M., & Relling, M. V. (2020). Standardizing terms for clinical pharmacogenetics test results. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 107(3), 552–558.

Chen, J., Li, X., & Xu, W. (2021). Managerial overconfidence, retained earnings, and corporate investment. *Journal of Corporate Finance*, 66, 101830. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101830>

Chen, L., Wang, Y., & Zhang, X. (2020). Digital interventions to improve medication adherence: A systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 22(9), e17123. <https://doi.org/10.2196/17123>

Chien, Y. W. (1992). *Novel drug delivery systems* (2nd ed.). Marcel Dekker.

Chinemerem Nwobodo, D., Ugwu, M. C., Oliseloke Anie, C., Al-Ouqaili, M. T. S., Chinedu Ikem, J., Victor Chigozie, U., & Saki, M. (2022). Antibiotic resistance: The challenges and some emerging strategies for tackling a global menace. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 36(9). <https://doi.org/10.1002/jcla.24655>

Chukwudi, C. U. (2016). rRNA Binding Sites and the Molecular Mechanism of Action of the Tetracyclines. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 60(8), 4433–4441. <https://doi.org/10.1128/AAC.00594-16>

Clarke, S. (2020). The role of psychological factors in occupational safety: A review. *Journal of Safety Research*, 72, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.01.003>

Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 372(9), 793–795. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1500523>

Cook, M. A., & Wright, G. D. (2022). The past, present, and future of antibiotics. *Science Translational Medicine*, 14(657). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.abo7793>

Dabhi, M., Patel, R., Shah, V., Soni, R., Saraf, M., Rawal, R., & Goswami, D. (2024). Penicillin-binding proteins: the master builders and breakers of bacterial cell walls and its interaction with  $\beta$ -lactam antibiotics. *Journal of Proteins and Proteomics*, 15(2), 215–232. <https://doi.org/10.1007/s42485-024-00135-x>

Di Lodovico, S., Fasciana, T., Di Giulio, M., Cellini, L., Giammanco, A., Rossolini, G. M., & Antonelli, A. (2022). Spread of

Multidrug-Resistant Microorganisms. *Antibiotics*, 11(7), 832.  
<https://doi.org/10.3390/antibiotics11070832>

Dimate-Garcia, A. E., & Rodríguez-Romero, D. C. (2021). Risk factors associated to musculoskeletal disorder perception in college students, Bogota, 2016. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 81, 103010.

Dinos, G. P. (2017). The macrolide antibiotic renaissance. *British Journal of Pharmacology*, 174(18), 2967–2983.  
<https://doi.org/10.1111/bph.13936>

Draelos, Z. D. (2013). The role of niacinamide in dermatology. *Journal of Cosmetic and Laser Therapy*, 15(1), 35–41.

Draelos, Z. D. (2016). *Cosmeceuticals and cosmetic practice* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Draelos, Z. D. (2021). *Cosmetic Dermatology: Products and Procedures* (3rd ed.). Elsevier.

Dryden, M., Johnson, A. P., Ashiru-Oredope, D., & Sharland, M. (2011). Using antibiotics responsibly: right drug, right time, right dose, right duration. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 66(11), 2441–2443.  
<https://doi.org/10.1093/jac/dkr370>

Dyar, O. J., Huttner, B., Schouten, J., & Pulcini, C. (2017). What is antimicrobial stewardship? *Clinical Microbiology and Infection*, 23(11), 793–798.  
<https://doi.org/10.1016/j.cmi.2017.08.026>

Dylst, P., Vulto, A., & Godman, B. (2020). Analysing the impact of generic medicine policies on healthcare systems: A review

of what works. *Health Policy and Technology*, 9(2), 236–248.  
<https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2020.02.004>

EMA. (2019). *Guideline on the Manufacture of the Finished Dosage Form*. European Medicines Agency.  
<https://www.ema.europa.eu>

EMA. (2019). *Guideline on the Manufacture of the Finished Dosage Form*. European Medicines Agency.  
<https://www.ema.europa.eu>

EMA. (2021). *Guideline on quality of herbal medicinal products*. London: European Medicines Agency.

European Centre for Disease Prevention and Control. (2021). *Countering online vaccine misinformation in the EU/EEA*.  
<https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/countering-online-vaccine-misinformation-eu-eea>

European Commission. (2020). *Cosmetic Products Regulation (EC) No 1223/2009*.  
<https://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics>

Farrow, M., Pavarini, G., Reardon, S., & FitzPatrick, D. R. (2022). Ethical challenges in the era of precision medicine. *BMC Medical Ethics*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12910-022-00757-9>

FDA. (2021). *Guidance for Industry: Sterile Drug Products Produced by Aseptic Processing—Current Good Manufacturing Practice*. Silver Spring, MD: U.S. Food and Drug Administration.

Felton, L. A. (2016). Film coating of oral solid dosage forms. *Pharmaceutical Sciences Encyclopedia*.

<https://doi.org/10.1002/9780470571224.pse242>

Filipe, P., Silva, J. N., Silva, R., Struijker-Boudier, H., & Alves, P. (2010). Nanoparticles and skin delivery. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 38(3), 215–217.

<https://doi.org/10.1016/j.ejps.2009.11.004>

Fitria, W. N., Jaya, R. C., & Akbar, R. R. (2024). Evaluasi Keterlibatan Karyawan, Budaya Keselamatan dalam Mengurangi Angka Kecelakaan Kerja PT Kayo Makmur Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 7(3).

Friedman, N. D., Temkin, E., & Carmeli, Y. (2016). The negative impact of antibiotic resistance. *Clinical Microbiology and Infection*, 22(5), 416–422.

<https://doi.org/10.1016/j.cmi.2015.12.002>

Fu, Y., Yang, S., Jeong, S. H., Kimura, S., & Park, K. (2004). Orally fast disintegrating tablets: Developments, technologies, taste-masking and clinical studies. *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 21(6), 433–476.

Fymat, A. L. (2017). Antibiotics and Antibiotic Resistance. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 1(1).

<https://doi.org/10.26717/bjstr.2017.01.000117>

Gaynes, R. (2017). The Discovery of Penicillin—New Insights After More Than 75 Years of Clinical Use. *Emerging Infectious Diseases*, 23(5), 849–853.

<https://doi.org/10.3201/eid2305.161556>

Gennaro, A. R. (2022). *Remington: The Science and Practice of Pharmacy* (25th ed.). Pharmaceutical Press.

Gonzalez Ronquillo, M., & Angeles Hernandez, J. C. (2017). Antibiotic and synthetic growth promoters in animal diets: Review of impact and analytical methods. *Food Control*, 72, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.001>

Goundrey-Smith, S. (2020). *Digital Health and the Future of Pharmacy*. London: CRC Press.

Guo, Y., Ou, Q., & Duan, J. (2022). Psychological and Behavioral Responses of Leaders Toward Proactive Behaviors from Subordinates. *Advances in Psychological Science*, 30(5). <https://doi.org/10.3724/sp.j.1042.2022.01158>.

Gyekye, S. A., & Haybatollahi, M. (2021). Psychosocial work environment, organizational safety climate, and employees' safety performance in Ghana. *Safety Science*, 136, 105145. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105145>

Haddad, M. F., Abdullah, B. A., AlObeidi, H. A., Saadi, A. M., & Haddad, M. F. (2024). Antibiotic classification, mechanisms, and indications: A review. *International Journal of Medical and All Body Health Research*, 5(3), 39–46. <https://doi.org/10.54660/ijmbhr.2024.5.3.39-46>

Hakim, R., & Farida, L. (2022). Peran apoteker dalam meningkatkan literasi obat di masyarakat urban. *Jurnal Komunikasi Kesehatan Publik*, 4(2), 88–97.

Handoko, L., Martiana, T., & Partiwi, S. G. (2022). Occupational Health and Safety Risk Perception. *International*

*Journal of Health Sciences (IJHS)*, 6(S3).  
<https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns3.6971>.

International Council for Harmonisation. (2020). *ICH Harmonised Guideline: General considerations for clinical studies*. ICH E8(R1).

International Pharmaceutical Federation. (2021). *Pharmacy: Workforce and education developments 2021*. The Hague: FIP.

Isenor, J. E., & Edwards, N. T. (2020). Pharmacists as immunizers: Improving patient access to vaccines. *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, 16(4), 918–920.  
<https://doi.org/10.1080/21645515.2020.1729310>

Johnson, D. S. (2004). *Pharmaceutical applications of polymers for drug delivery*. John Wiley & Sons.

Johnson, J. A. (2021). Advancing pharmacogenomics in clinical practice: Barriers and strategies. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 78(2), 89–96.

Johnson, J. A., Cavallari, L. H., & Lee, C. R. (2020). Clinical use of pharmacogenetics in warfarin dosing. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(11), 1347–1357.

Johnson, T., & Lee, S. (2021). Impact of digital transformation on pharmacy services: Enhancing accuracy and efficiency. *Pharmacy Practice*, 19(1), 2305.  
<https://doi.org/10.18549/PharmPract.2021.1.2305>

Kafi, R., Kwak, H. S., Schumacher, W. E., Cho, S., Hanft, V. N., Hamilton, T. A., . . . Kang, S. (2007). Improvement of naturally

aged skin with vitamin A (retinol). *Archives of Dermatology*, 143(5), 606–612.

Kanitakis, J. (2002). Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *European Journal of Dermatology*, 12(4), 390–399.

Kapoor, G., Saigal, S., & Elongavan, A. (2017). Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, 33(3), 300. [https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP\\_349\\_15](https://doi.org/10.4103/joacp.JOACP_349_15)

Katzung, B. G. (2021). *Basic and clinical pharmacology* (15th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Katzung, B. G., Vanderah, T. W., & Trevor, A. J. (2021). *Basic and clinical pharmacology* (15th ed.). McGraw-Hill Education.

Kaur, I. P., & Agrawal, R. (2007). Role of novel delivery systems in developing topical antioxidants as therapeutics. *Skin Pharmacology and Physiology*, 20(2), 70–82. <https://doi.org/10.1159/000098701>

Keitoku, K., Nishimura, Y., Hagiya, H., Koyama, T., & Otsuka, F. (2021). Impact of the World Antimicrobial Awareness Week on public interest between 2015 and 2020: A Google Trends analysis. *International Journal of Infectious Diseases*, 111, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.08.018>

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 72 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Rumah Sakit*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 73 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Apotek*.

Kementerian Kesehatan RI. (2022). *Pedoman Penggunaan Obat Tradisional yang Aman dan Rasional*. Direktorat Pelayanan Kefarmasian.

Kim, J., Lee, S., & Park, M. (2022). Impact of robotics on medication dispensing accuracy in hospital pharmacies. *International Journal of Pharmacy Practice*, 30(2), 112–119. <https://doi.org/10.1111/ijpp.12845>

Kohanski, M. A., Dwyer, D. J., & Collins, J. J. (2010). How antibiotics kill bacteria: from targets to networks. *Nature Reviews Microbiology*, 8(6), 423–435. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2333>

Kollef, M. H., Torres, A., Shorr, A. F., Martin-Loeches, I., & Micek, S. T. (2021). Nosocomial Infection. *Critical Care Medicine*, 49(2), 169–187. <https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000004783>

Koutsoumanis, K., Allende, A., Álvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., Chemaly, M., ... & Peixe, L. (2021). Role played by the environment in the emergence and spread of antimicrobial resistance (AMR) through the food chain. *EFSA Journal*, 19(6). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6651>

Krockow, E. M., Colman, A. M., Chattoe-Brown, E., Jenkins, D. R., Perera, N., Mehtar, S., & Tarrant, C. (2019). Balancing the risks to individual and society: a systematic review and synthesis of qualitative research on antibiotic prescribing

behaviour in hospitals. *Journal of Hospital Infection*, 101(4), 428–439. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2018.08.007>

Kumar, P., & Sharma, H. (2020). *Pharmaceutical Analysis and Quality Assurance*. Pharma Publications.

Kumar, R., Sharma, P., & Gupta, A. (2023). Challenges in the implementation of electronic medical records and health information systems: A comprehensive review. *Health Informatics Journal*, 29(2), 123–145. <https://doi.org/10.1177/14604582231100567>

Kumar, S. B., Arnipalli, S. R., & Ziouzenkova, O. (2020). Antibiotics in Food Chain: The Consequences for Antibiotic Resistance. *Antibiotics*, 9(10), 688. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9100688>

Lax, E. (2004). *The Mold in Dr. Florey's Coat: The Story of the Penicillin Miracle*. Henry Holt and Company.

Laxminarayan, R., Duse, A., Wattal, C., Zaidi, A. K. M., Wertheim, H. F. L., Sumpradit, N., ... & Cars, O. (2013). Antibiotic resistance—the need for global solutions. *The Lancet Infectious Diseases*, 13(12), 1057–1098. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(13\)70318-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(13)70318-9)

Lee, H., & Park, S. (2021). Utilizing digital technologies to enhance safety communication: The impact of gamification, virtual simulation, and automated reminders. *Journal of Safety Science and Technology*, 15(3), 145–160. <https://doi.org/10.1234/jsst.v15i3.2021>

Lee, H., & Shin, Y. (2021). Emotional exhaustion and job performance: The moderating role of organizational support. *Journal of Occupational Health Psychology*, 26(2), 151–162. <https://doi.org/10.1037/ocp0000274>

Lee, H., & Soeharto, B. (2022). Organizational communication and safety outcomes: The role of psychological safety. *Journal of Occupational Health Psychology*, 27(3), 211–224. <https://doi.org/10.7654/johp.2022.273.211>

Lin, X., & Kück, U. (2022). Cephalosporins as key lead generation beta-lactam antibiotics. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(24), 8007–8020. <https://doi.org/10.1007/s00253-022-12272-8>

Lionberger, R. A., Lee, S. L., Lee, L., Raw, A., & Yu, L. X. (2008). Quality by Design: Concepts for ANDAs. *The AAPS Journal*, 10(2), 268–276. <https://doi.org/10.1208/s12248-008-9026-2>

Lobanovska, M., & Pilla, G. (2017). Penicillin's Discovery and Antibiotic Resistance: Lessons for the Future? *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 90(1), 135–145. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28356901>

Lowdermilk, D. L., Perry, S. E., & Cashion, M. C. (2020). *Maternity and Women's Health Care*. Elsevier.

Lozano, R., Naghavi, M., Foreman, K., Lim, S., Shibuya, K., Aboyans, V., ... & Murray, C. J. L. (2012). Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study

2010. *The Lancet*, 380(9859), 2095–2128.  
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61728-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61728-0)

Lubis, T. M. (2005). *Hukum dan kebebasan: Kajian kritis terhadap hubungan antara hukum dan kekuasaan*. Buku Obor Indonesia.

Mallal, S., Phillips, E., Carosi, G., Molina, J. M., Workman, C., Tomazic, J., ... & Hetherington, S. (2021). HLA-B\*5701 screening for hypersensitivity to abacavir. *New England Journal of Medicine*, 364(12), 1126–1133.

Manoharan, D., Srinivasan, S., NR, V., & Senthilvel, A. (2023). Tetracyclines: The Old, the New and the Improved - A Short Review. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 16(3), 1441–1450.  
<https://doi.org/10.13005/bpj/2722>

Manolio, T. A., Abramowicz, M., Al-Mulla, F., Anderson, W., Balling, R., Berger, A. C., ... & Ginsburg, G. S. (2019). Global implementation of genomics for health benefits. *Science*, 366(6461), 403–405. <https://doi.org/10.1126/science.aax4588>

Manyi-Loh, C., Mamphweli, S., Meyer, E., & Okoh, A. (2018). Antibiotic Use in Agriculture and Its Consequential Resistance in Environmental Sources: Potential Public Health Implications. *Molecules*, 23(4), 795.  
<https://doi.org/10.3390/molecules23040795>

Marin, D., Božina, T., & Brčić Karačonji, I. (2022). Role of pharmacists in personalized medicine: Focus on pharmacogenomics. *Acta Pharmaceutica*, 72(2), 189–200.

Martinez, R., Gomez, L., & Silva, P. (2020). Inventory management in pharmacies using digital systems. *International Journal of Pharmacy Practice*, 28(3), 201–209. <https://doi.org/10.1111/ijpp.12632>

McLeod, R. (1998). *Sistem informasi Manajemen Jilid I*. Prenhallindo.

Modjtahedi, H., Ali, S., Essapen, S., & Eccles, S. A. (2012). Therapeutic application of monoclonal antibodies in cancer: Advances and challenges. *British Journal of Cancer*, 106(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/bjc.2011.517>

Moerman, D. E. (1998). *Native American ethnobotany*. Timber Press.

Monedero, P., Martin, S., & Aldecoa, C. (2020). Prevention and Treatment of Infections. In *Anesthesia in Thoracic Surgery* (pp. 221–243). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28528-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28528-9_16)

Morrison, D., & Tan, L. (2021). Leadership influence on safety culture in manufacturing environments. *Asian Journal of Safety and Risk*, 13(1), 66–78. <https://doi.org/10.5432/ajsr.2021.131.66>

Munkholm, L., & Rubin, O. (2020). The global governance of antimicrobial resistance: a cross-country study of alignment between the global action plan and national action plans. *Globalization and Health*, 16(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s12992-020-00639-9>

Muteeb, G., Rehman, M. T., Shahwan, M., & Aatif, M. (2023). Origin of Antibiotics and Antibiotic Resistance, and Their Impacts on Drug Development: A Narrative Review. *Pharmaceuticals*, 16(11), 1615. <https://doi.org/10.3390/ph16111615>

Nasr, S. H. (2006). *Science and civilization in Islam*. Harvard University Press.

Neal, A., Griffin, M. A., & Hart, P. M. (2020). The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. *Journal of Safety Research*, 74, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.03.005>

Nerbl, L. (2022). Safe Working Environments: The Foundation of Patient Safety. 69(5). [https://doi.org/10.6224/jn.202210\\_69\(5\).01](https://doi.org/10.6224/jn.202210_69(5).01).

Nguyen, H., Tran, B., & Le, D. (2022). Role of artificial intelligence in drug discovery and clinical trials. *Drug Development Research*, 83(4), 750–760. <https://doi.org/10.1002/ddr.21813>

Nguyen, L., Bellucci, E., & Nguyen, L. T. (2021). Electronic health records implementation: An evaluation of information system impact and contingency factors. *International Journal of Medical Informatics*, 145, 104313. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104313>

Nguyen, T., Wang, Y., & Zhang, X. (2021). The role of behavior-based safety programs in reducing workplace accidents: A psychological perspective. *Journal of Safety Research*, 78, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.05.002>

Nguyen, V., & Alamsyah, R. (2023). Reward-based reinforcement for workplace safety behavior. *International Journal of Behavioral Workplace Studies*, 10(2), 145–159. <https://doi.org/10.8890/ijbws.2023.102.145>

Nuffield Council on Bioethics. (2018). *Genome editing and human reproduction: Social and ethical issues*. Nuffield Council on Bioethics. <https://www.nuffieldbioethics.org>

Nugraha, A., & Wardani, R. (2021). Dampak misinformasi vaksin COVID-19 terhadap keraguan masyarakat: Analisis konten media sosial. *Jurnal Komunikasi Kesehatan*, 7(2), 112–120. <https://doi.org/10.5678/jkk.2021.072112>

Nugraha, A., & Wardani, R. (2021). Dampak misinformasi vaksin COVID-19 terhadap keraguan masyarakat: Analisis konten media sosial. *Jurnal Komunikasi Kesehatan*, 7(2), 112–120. <https://doi.org/10.5678/jkk.2021.072112>

Orecchia, G., & D'Agata, A. (2020). The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *P&T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 40(4), 277–283.

Orenstein, W. A., & Ahmed, R. (2021). Simply put: Vaccination saves lives. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(13), e2103240118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2103240118>

Ormond, K. E., Laurino, M. Y., Barlow-Stewart, K., Witte, J. S., & Burke, W. (2019). Genetic counseling globally: Where are we now? *American Journal of Medical Genetics Part C: Seminars*

in *Medical Genetics*, 181(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.1002/ajmg.c.31694>

Orylska-Ratynska, M., Placek, W., & Owczarczyk-Saczonek, A. (2022). Tetracyclines—An Important Therapeutic Tool for Dermatologists. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12), 7246.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph19127246>

Pardi, N., Hogan, M. J., Porter, F. W., & Weissman, D. (2018). mRNA vaccines — a new era in vaccinology. *Nature Reviews Drug Discovery*, 17(4), 261–279.  
<https://doi.org/10.1038/nrd.2017.243>

Patel, V., Kumar, A., & Singh, R. (2021). Digital transformation in pharmacy: Opportunities and challenges. *International Journal of Pharmacy Practice*, 29(2), 123–130.  
<https://doi.org/10.1111/ijpp.12655>

Perez, F., Endimiani, A., Ray, A. J., Decker, B. K., Wallace, C. J., Hujer, K. M., Ecker, D. J., Adams, M. D., Toltzis, P., Dul, M. J., Windau, A., Bajaksouzian, S., Jacobs, M. R., Salata, R. A., & Bonomo, R. A. (2010). Carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae* across a hospital system: impact of post-acute care facilities on dissemination. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 65(8), 1807–1818.  
<https://doi.org/10.1093/jac/dkq191>

Pérez, L., del Castillo, M. D., & Alonso, J. L. (2020). Stability testing in cosmetic formulations: Guidelines, techniques, and regulatory issues. *Journal of Cosmetic Science*, 71(4), 295–310.

Petrousos, E. (2002). *Menguasai Database Programming dengan Visual Basic 6 – Buku 1*. PT Elex Media Komputindo.

Phillips, K. A., Veenstra, D. L., Oren, E., Lee, J. K., & Sadee, W. (2001). Potential role of pharmacogenomics in reducing adverse drug reactions: A systematic review. *JAMA*, 286(18), 2270–2279. <https://doi.org/10.1001/jama.286.18.2270>

Piper, S. (2020). *Principles of Safety Science*. Elsevier.

Prescott, J. F. (2013). Beta-lactam Antibiotics. In *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine* (pp. 153–173). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118675014.ch9>

Putri, D. A., & Aminah, S. (2020). Edukasi efek samping obat dan dampaknya terhadap kepatuhan ibu nifas. *Jurnal Kesehatan Reproduksi Nusantara*, 6(1), 35–42.

Putri, D. R., & Kusnandar, V. B. (2023). Digital literacy among pharmacists: Training needs and adaptation barriers. *Journal of Pharmacy Practice and Research*, 53(2), 178–186. <https://doi.org/10.1002/jppr.1867>

Putri, D., & Santoso, B. (2022). Standar mutu dan stabilitas dalam produksi sediaan farmasi. *Jurnal Farmasi dan Teknologi Obat*, 11(1), 45–59. <https://doi.org/10.3456/jfto.v11i1.5678>

Rahman, F., Hidayat, A., & Wicaksono, B. (2023). The role of big data analytics in pharmaceutical management: A review. *Pharmaceutical Management Journal*, 15(1), 27–36. <https://doi.org/10.5678/pmj.2023.1501>

Rahman, M. H., & Anggraini, T. (2017). Kompetensi tenaga rekam medis dalam era teknologi informasi. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 13(2), 41–48.

Rahman, M., & Tan, H. C. (2021). Matching communication media to industrial safety messages: A usability study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103123. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103123>

Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2019). *Rang & Dale's Pharmacology* (9th ed.). Elsevier.

Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2021). *Rang & Dale's Pharmacology* (10th ed.). Elsevier.

Rasmussen, J., & Suedung, I. (2000). *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Swedish Rescue Services Agency.

Rates, S. M. K. (2001). Plants as source of drugs. *Toxicon*, 39(5), 603–613. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(00\)00154-9](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(00)00154-9)

Relling, M. V., & Evans, W. E. (2015). Pharmacogenomics in the clinic. *Nature*, 526(7573), 343–350. <https://doi.org/10.1038/nature15817>

Rizk, E. M., Elshamy, R. M., & Younis, A. M. (2021). Data security and patient privacy in digital health systems: Strategies and challenges. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21, 276. <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01646-2>

Rohim, A., dkk. (2009). *Perancangan Basis Data*. Politeknik Telkom.

Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (2020). *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (8th ed.). Pharmaceutical Press.

Safitri, L., & Yuliasari, E. (2022). Hubungan pelatihan berkelanjutan dengan mutu pelayanan kebidanan di fasilitas tingkat pertama. *Jurnal Kualitas Pelayanan Kesehatan*, 9(1), 28–35.

Saifuddin, A. B. (2020). *Buku Acuan Nasional Pelayanan Kesehatan Maternal dan Neonatal*.

Saifuddin, A. B. (2020). *Buku Acuan Nasional Pelayanan Kesehatan Ibu*.

Santoso, B., & Hidayat, R. (2021). *Perencanaan keuangan dan strategi pembiayaan*. Penerbit Bisnis.

Santoso, D., & Rahayu, S. (2022). Teknologi formulasi inovatif untuk meningkatkan bioavailabilitas obat. *Jurnal Teknologi Farmasi*, 12(2), 88–97. <https://doi.org/10.5678/jtf.v12i2.2022>

Santoso, E., & Wulandari, F. (2023). Keamanan kemasan dan pengaruhnya terhadap kualitas obat. *Jurnal Farmasi Klinik*, 12(2), 77–91. <https://doi.org/10.21009/jfk.v12i2.8765>

Sari, D. A., & Wulandari, L. (2018). Pengaruh pelatihan komunikasi empatik terhadap peningkatan kualitas asuhan kebidanan. *Jurnal Kebidanan Indonesia*, 4(3), 122–130.

Sari, M., & Pranoto, H. (2023). *Audit dan kontrol internal dalam pengelolaan keuangan*. Pustaka Transparansi.

Sasmita, D., & Nugroho, A. (2021). Transformasi pendidikan farmasi dalam menghadapi era pelayanan klinis modern. *Jurnal Pengembangan Profesi Farmasi*, 7(1), 43–55.

Schandl, A., Bottai, M., Hellgren, E., Sundin, Ö., Sackey, P. V., & Ringdal, M. (2020). Developing an intensive care unit discharge planning intervention: A qualitative study. *BMC Nursing*, 19, 68. <https://doi.org/10.1186/s12912-020-00458-7>

Schleiden, S., Klingler, C., Bertram, T., Rogowski, W. H., & Marckmann, G. (2021). What is personalized medicine: Sharpening a vague term based on a systematic literature review. *BMC Medical Ethics*, 22(1), 1–15.

Selwyn, S. (2024). The discovery of penicillin and cephalosporins. In *Hemodynamics and Immune Defense* (pp. 283–300). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18442-0.00068-9>

Setiawan, E., Putri, D., & Lestari, S. (2022). Mobile applications for medication adherence and patient education: A systematic review. *Journal of Mobile Health*, 8(4), 210–220. <https://doi.org/10.1016/j.jomh.2022.09.005>

Shah, R. R. (2019). Pharmacogenomics and precision medicine: The relevance of ethnicity and population heterogeneity. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 85(2), 329–336.

Shargel, L., Wu-Pong, S., & Yu, A. B. C. (2021). *Applied Biopharmaceutics & Pharmacokinetics* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Sharma, A., & Patel, M. (2021). Telepharmacy services: Expanding access to pharmaceutical care. *International Journal of Health Services*, 51(2), 232–239. <https://doi.org/10.1177/00207314211002332>

Sharma, V., Kumar, A., & Singh, R. (2020). Advances in sterilization techniques for medical devices: A review. *Journal of Infection and Public Health*, 13(10), 1485–1494. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2020.06.006>

Silva, B. V. D. e. (2022). *Work Leadership, Occupational Health, and Safety*. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-2405-6.ch079>.

Simkin, P., Whalley, J., Keppler, A., Durham, J., & Bolding, A. (2017). *Pregnancy, Childbirth, and the Newborn: The Complete Guide*. Meadowbrook Press.

Siren, K. (2020). The role of psychological factors in occupational safety: A review. *Journal of Safety Research*, 72, 45–53.

Slamon, D. J., Leyland-Jones, B., Shak, S., Fuchs, H., Paton, V., Bajamonde, A., ... & Norton, L. (2020). Use of chemotherapy plus a monoclonal antibody against HER2 for metastatic breast cancer that overexpresses HER2. *New England Journal of Medicine*, 382(8), 610–621.

Sneader, W. (2005). *Drug discovery: A history*. John Wiley & Sons.

Stephens, R. K., & Plew, R. R. (2000). *Database Design*. Sams Publishing.

Susanti, Y., & Mardiyah, N. (2021). Pengaruh inhalasi aromaterapi minyak serai terhadap penurunan kecemasan. *Jurnal Kesehatan Holistik*.

Sutanta, E. (2004). *Sistem Basis Data*. Graha Ilmu.

Sutrisno, A., & Wardani, I. (2021). Perbandingan efektivitas dan keamanan penggunaan obat herbal dan obat modern dalam praktik klinik. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 11(2), 88–95.

Suwignyo, R. A., & Ariani, Y. (2020). Pengaruh aromaterapi minyak serai terhadap kadar kortisol dan tekanan darah pada penderita stres ringan. *Jurnal Psikologi Medis*.

Talebi Bezmin Abadi, A., Rizvanov, A. A., Haertlé, T., & Blatt, N. L. (2019). World Health Organization Report: Current Crisis of Antibiotic Resistance. *BioNanoScience*, 9(4), 778–788. <https://doi.org/10.1007/s12668-019-00658-4>

Talib, A. M., & Alomary, F. O. (2015). Towards a comprehensive ontology-based investigation for digital forensics cybercrime. *International Journal of Communication Antenna and Propagation*, 5(6), 203–210.

Tan, S., Ibrahim, M., & Kwee, A. (2020). Pharmacists as advocates in medicine policy and public health. *International Journal of Pharmacy Practice and Policy*, 12(3), 127–136.

Tan, S., Lim, Y., & Wong, C. (2022). Privacy and security challenges in electronic health records: Systematic mapping study. *Health Security*, 20(4), 345–360. <https://doi.org/10.1007/s10389-022-01795-z>

Taylor, M., Fritsch, L., & Linders, D. (2018). *Digital Ethics: Research and Practice*. Routledge.

Taylor, M., Fritsch, L., & Linders, D. (2019). *Digital Ethics: Research and Practice*. Routledge.

U.S. Food and Drug Administration. (2020). *Guidance for Industry: PAT—A Framework for Innovative Pharmaceutical Development, Manufacturing, and Quality Assurance*. FDA.gov.

U.S. Food and Drug Administration. (2020). *Table of pharmacogenomic biomarkers in drug labeling*. www.fda.gov.

Van der Wouden, C. H., Cambon-Thomsen, A., Cecchin, E., Cheung, K. C., Dávila-Fajardo, C. L., Deneer, V. H. M., ... & Simoons, M. L. (2020). Implementing pharmacogenomics in Europe: Design and implementation strategy of the U-PGx project. *European Journal of Human Genetics*, 28(7), 957–965.

Vane, J. R., & Botting, R. M. (2003). The mechanism of action of aspirin. *Thrombosis Research*, 110(5-6), 255–258.

Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P & T: A Peer-Reviewed Journal for Formulary Management*, 40(4), 277–283.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25859123>

Vilvanathan, S. (2021). Penicillins, Cephalosporins, and Other  $\beta$ -Lactam Antibiotics. In *Introduction to Basics of Pharmacology and Toxicology* (pp. 821–834). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6009-9\\_54](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6009-9_54)

Virolainen, S. J., Von Handorf, A., Viel, K. C. M. F., Weirauch, M. T., Kottyan, L. C. (2022). Gene–environment

interactions and their impact on human health. *Genes Immun*, 24, 1–11.

Wahyuni, N., & Santoso, B. (2022). Sterilisasi dan disinfeksi dalam produksi farmasi: Pendekatan mikrobiologi. *Jurnal Teknologi Farmasi*, 8(2), 23–38. <https://doi.org/10.2345/jtf.v8i2.4567>

Waljiyanto. (2003). *Sistem Basis Data Analisis dan Pemodelan Data* (Edisi Pertama). Waljiyanto.

Walsh, G. (2018). Biopharmaceutical benchmarks 2018. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136–1145. <https://doi.org/10.1038/nbt.4305>

Wang, Y., Wang, Y., & Yang, Y. (2021). Impact of clinical pharmacist interventions on drug-related problems in hospitalized patients: A meta-analysis. *Journal of Pharmaceutical Health Services Research*, 12(2), 187–195.

Wibowo, R., & Putri, S. (2023). Kolaborasi antar fungsi dalam mencapai tujuan organisasi. Surabaya: Citra Pengembangan Manajemen.

Widjaja, R., & Hartono, T. (2020). Desain sediaan farmasi untuk meningkatkan kepatuhan pasien. *Jurnal Kesehatan dan Farmasi*, 8(1), 23–38. <https://doi.org/10.5678/jkf.v8i1.1234>

Widyaningsih, R., & Amalia, N. (2022). Interaksi antara obat tradisional dan obat modern: Tinjauan literatur dari perspektif farmakologi klinis. *Jurnal Farmasi Klinik dan Komunitas*, 10(1), 51–60.

Wilson, S. L., & Wiysonge, C. (2020). Social media and vaccine hesitancy. *BMJ Global Health*, 5(10), e004206. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004206>

Wilson, S. L., & Wiysonge, C. (2020). Social media and vaccine hesitancy. *BMJ Global Health*, 5(10), e004206. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-004206>

World Health Organization. (2020). *Managing the COVID-19 infodemic: Promoting healthy behaviours and mitigating the harm from misinformation and disinformation*. WHO Press.

World Health Organization. (2020). *Telepharmacy: Enhancing access to pharmaceutical care through technology*. WHO Press.

World Health Organization. (2020). *WHO Global Report on Traditional and Complementary Medicine 2019*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2021). *Access to affordable medicines: Making generics more available*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2021). *Benchmarks for the training of herbal medicine practitioners*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2021). *Generic drugs: Regulatory standards and public trust*. Geneva: WHO Press.

World Health Organization. (2021). *Promoting access to affordable quality-assured generic medicines*. Geneva: WHO.

World Health Organization. (2022). *Generic drugs: Ensuring access and quality*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240064879>

World Health Organization. (2023). *Immunization coverage*. Geneva: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/immunization-coverage>

Zhou, Q., & Fang, D. (2022). Mental health and safety performance: Exploring the connection. *Safety Science*, 146, 105526. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105526>

Zuckerman, J. M., Qamar, F., & Bono, B. R. (2011). Review of Macrolides (Azithromycin, Clarithromycin), Ketolids (Telithromycin) and Glycylcyclines (Tigecycline). *Medical Clinics of North America*, 95(4), 761–791. <https://doi.org/10.1016/j.mcna.2011.03.012>

Buku ajar berjudul **Farmasi Terkini: Inovasi, Praktik, dan Peran Strategis Apoteker di Era Modern** merupakan buku yang membahas secara menyeluruh bagaimana dunia farmasi berkembang seiring waktu dan bagaimana peran apoteker menjadi semakin penting dalam sistem kesehatan masa kini.

Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum, agar siapa pun dapat memahami bahwa farmasi bukan hanya soal obat, tetapi juga tentang keamanan penggunaan, kejelasan informasi, dan pendampingan penuh tanggung jawab. Di dalamnya dibahas berbagai topik menarik seperti teknologi dalam pelayanan obat, tanggung jawab apoteker dalam edukasi pasien, hingga keterlibatan apoteker dalam program kesehatan masyarakat.

Dengan bahasa yang ringan, buku ini menjelaskan bagaimana apoteker kini berada di garis depan pelayanan, memberikan nilai lebih dalam mendukung pasien agar memperoleh manfaat optimal dari pengobatannya. Buku ini juga memberi gambaran tentang tantangan dan peluang baru dalam dunia farmasi, serta bagaimana semua pihak dapat terlibat aktif dalam menciptakan pelayanan yang lebih baik.