



apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si. | Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.
apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si. | apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm. | apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.
apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm. | apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm., M.Farm.
apt. Okta Muthia Sari, M.Farm. | apt. Nazhipah Isnani, M.Sc. | apt. Ayu Angger Putri M. Sholeh, M.Farm.
apt. April Nuraini, M.Farm. | apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.

Pengantar Ilmu Farmasi



PENGANTAR ILMU FARMASI

Penulis:

apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si.
Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.
apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si.
apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm.
apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.
apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm.
apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm., M.Farm.
apt. Okta Muthia Sari, M.Farm.
apt. Nazhipah Isnani, M.Sc.
apt. Ayu Angger Putri M. Sholeh, M.Farm.
apt. April Nuraini, M.Farm.
apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.



Lingkar Edukasi
Indonesia

LINGKAR EDUKASI INDONESIA

PENGANTAR ILMU FARMASI

Penulis:

apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si.
Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.
apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si.
apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm.
apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.
apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm.
apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm., M.Farm.
apt. Okta Muthia Sari, M.Farm.
apt. Nazhipah Isnani, M.Sc.
apt. Ayu Angger Putri M. Sholeh, M.Farm.
apt. April Nuraini, M.Farm.
apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed.

Penyunting: Fera Malta, S.TP

Desain Sampul dan Tata Letak: Neza Sartika

Diterbitkan oleh:

Lingkar Edukasi Indonesia
Anggota IKAPI No. 058/SBA/2024
Kolam Jariah, Nagari Kudu Ganting
Kec. V Koto Timur, Kabupaten Padang Pariaman
Email: lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com
Website: www.lingkaredukasiindonesia.com

ISBN: 978-634-7420-08-4

Cetakan pertama, Oktober 2025

© Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi, Sebagian atau seluruh
isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga buku berjudul *Pengantar Ilmu Farmasi* ini dapat diselesaikan dengan baik. Kehadiran buku ini dimaksudkan untuk memberikan pemahaman dasar mengenai ilmu farmasi, mulai dari sejarah perkembangan, peran profesi, prinsip farmakologi, farmasetika, hingga tantangan inovasi di masa depan. Buku ini disusun secara sistematis agar mudah dipahami oleh mahasiswa farmasi, praktisi kesehatan, maupun masyarakat umum yang ingin mengenal lebih dekat bidang kefarmasian.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, dorongan, dan kontribusi dalam penyusunan buku ini, baik berupa masukan ilmiah, pengalaman praktis, maupun motivasi yang sangat berarti. Harapan penulis, buku ini dapat menjadi salah satu referensi yang bermanfaat dalam memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan meningkatkan kualitas pendidikan di bidang farmasi. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan isi buku ini pada edisi berikutnya.

Jember, Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 SEJARAH PERKEMBANGAN FARMASI	1
Oleh apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si.	1
A. Pendahuluan	1
B. Pengertian Ilmu Farmasi.....	2
C. Sejarah Perkembangan Ilmu Farmasi.....	5
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 PERAN DAN ETIKA PROFESI FARMASI	17
Oleh Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.....	17
A. Pendahuluan	17
B. Etika Profesi dalam Konteks Pelayanan Kefarmasian di Pedesaan atau Daerah Terpenci.....	24
C. Etika dan Peran Farmasi dalam Pengelolaan Obat di Lembaga Pemasarakatan	30
D. Etika Profesi dalam Perdagangan Internasional Obat dan Produk Farmasi.....	35
E. Tantangan Etika Profesi di Era Disinformasi dan Hoaks Kesehatan.....	41
F. Reorientasi Pendidikan Farmasi Menuju Profesi Berbasis Etika dan Pelayanan	46
DAFTAR PUSTAKA	52
BAB 3 FARMAKOLOGI DASAR: KONSEP DAN MEKANISME OBAT DALAM TUBUH	57
Oleh apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si.	57
A. Pendahuluan	57
B. Farmakokinetika	60
C. Farmakodinamika.....	66
D. Rute Pemberian Obat	71

E. Interaksi Obat.....	75
DAFTAR PUSTAKA	79
BAB 4 FARMASETIKA: BENTUK SEDIAAN DAN	
TEKNOLOGI FORMULASI OBAT	83
Oleh apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm.....	83
A. Pendahuluan.....	83
B. Dasar-Dasar Pengetahuan Kefarmasian	84
C. Klasifikasi Bentuk Sediaan Obat	86
D. Eksipien dan Fungsinya.....	88
E. Prinsip Formulasi Obat.....	93
DAFTAR PUSTAKA	98
BAB 5 FARMAKOKINETIKA DAN	
FARMAKODINAMIKA.....	101
Oleh apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.	101
A. Pendahuluan.....	101
B. Proses-Proses Farmakokinetika	103
C. Farmakodinamika.....	115
DAFTAR PUSTAKA	120
BAB 6 KIMIA FARMASI: STRUKTUR, SINTESIS, DAN	
ANALISIS OBAT	123
Oleh apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm.	123
A. Pendahuluan.....	123
B. Struktur Obat.....	123
C. Sintesis dan Modifikasi Obat	128
D. Analisis Obat.....	130
DAFTAR PUSTAKA	133
BAB 7 MIKROBIOLOGI FARMASI DAN STERILISASI ..	135
Oleh apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm.,	
M.Farm.	135
A. Pendahuluan.....	135
B. Sejarah Perkembangan Mikrobiologi.....	138
C. Klasifikasi Mikroba.....	145
D. Metode Sterilisasi.....	148
DAFTAR PUSTAKA	151

BAB 8 FARMASI KLINIS DAN PERAN APOTEKER DALAM PELAYANAN KESEHATAN	153
Oleh apt. Okta Muthia Sari, M.Farm.....	153
A. Pendahuluan.....	153
B. Farmasi Klinis dan Peran Apoteker dalam Pelayanan Kesehatan.....	154
C. Faktor Yang Mendukung Peran Apoteker dalam Pelayanan Kesehatan.....	163
DAFTAR PUSTAKA	165
BAB 9 INTERAKSI OBAT DAN EFEK SAMPING.....	167
Oleh apt. Nazhipah Isnani, M.Sc.	167
A. Pendahuluan.....	167
B. Klasifikasi Interaksi Obat.....	168
C. Mekanisme Interaksi Obat	169
D. Epidemiologi dan Dampak Klinis.....	171
E. Faktor Risiko Interaksi Obat.....	172
F. Pencegahan dan Manajemen Interaksi Obat.....	174
G. Peran Klinisi dan Apoteker	175
DAFTAR PUSTAKA	176
BAB 10 REGULASI DAN KEBIJAKAN FARMASI DI INDONESIA	177
Oleh apt. Ayu Angger Putri M. Sholeh, M.Farm.....	177
A. Pendahuluan.....	177
B. Pengertian Regulasi dan Kebijakan Farmasi.....	178
C. Dasar Hukum Regulasi Farmasi di Indonesia.....	188
D. Lembaga Pengatur dan Pengawas Kefarmasian.....	189
DAFTAR PUSTAKA	192
BAB 11 MANAJEMEN FARMASI DISTRIBUSI, PENYIMPANAN DAN PENGAWASAN OBAT.....	193
Oleh apt. April Nuraini, M.Farm.....	193
A. Pendahuluan.....	193
B. Manajemen Farmasi Distribusi	194
C. Manajemen Penyimpanan	199
D. Pengawasan Obat.....	205

DAFTAR PUSTAKA	208
BAB 12 MASA DEPAN ILMU FARMASI, TANTANGAN DAN INOVASI DALAM PENGEMBANGAN FARMASI	209
Oleh apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.	209
A. Pendahuluan	209
B. Masa Depan Ilmu Farmasi	210
C. Tantangan Dalam Ilmu Farmasi Modern.....	213
D. Inovasi dan Teknologi dalam Pengembangan Farmasi	215
DAFTAR PUSTAKA	221
BIODATA PENULIS.....	223

DAFTAR GAMBAR

Gambar 5.1 Hubungan antara Farmakokinetika dan Farmakodinamika terhadap Terapi Obat.....	103
Gambar 5.2 Hubungan Timbal Balik antara Penyerapan, Distribusi, Pengikatan, Metabolisme, dan Ekskresi Suatu Obat dengan Konsentrasinya di Tempat-tempat Aksi Obat tersebut.....	104
Gambar 5.3 Skema Langkah-langkah yang Terlibat dalam Distribusi Obat	109
Gambar 5.4 Jalur Umum Proses Metabolisme Obat dalam Tubuh	111
Gambar 5.5 Diagram yang Menggambarkan Rute Eksresi Obat yang Berbeda	113
Gambar 6.1 Struktur Antidepresan Fluoxetine dengan Tujuh Macam Gugus Fungsi.....	124
Gambar 6.2 Asetilkolin tanpa Gugus Metil	127
Gambar 6.3 Bethanechol dengan Gugus Metil	127
Gambar 7.1 Antonie van Leeuwenhoek.....	139
Gambar 7.2 Ilustrasi Animalcules	140
Gambar 7.3 Louis Pasteur	141
Gambar 7.4 Labu Leher Ansa	142
Gambar 7.5 Ilustrasi Pasteurisasi	143
Gambar 7.6 Robert Koch	144
Gambar 7.7 Diagram Klasifikasi Mikroorganisme	145
Gambar 7.8 Sel Prokariotik	146

DAFTAR TABEL

Tabel 6.1 Contoh Pengaruh Gugus Fungsi pada Obat	126
Tabel 7.1 Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik	147

BAB 1

SEJARAH PERKEMBANGAN FARMASI

Oleh apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si.

A. Pendahuluan

1. Latar belakang

Ilmu farmasi merupakan cabang ilmu yang berkaitan erat dengan penemuan, pengembangan, produksi, dan distribusi obat-obatan yang berperan penting dalam sistem pelayanan kesehatan. Sejak zaman kuno, manusia telah memanfaatkan tumbuh-tumbuhan, mineral, dan bahan alam lainnya untuk mengobati berbagai penyakit. Praktik-praktik ini menjadi cikal bakal dari ilmu farmasi modern yang kita kenal saat ini.

Perkembangan ilmu farmasi tidak dapat dipisahkan dari sejarah peradaban manusia. Di Mesir Kuno, penggunaan obat tercatat dalam papirus Ebers sekitar tahun 1500 SM. Di Yunani dan Romawi, tokoh-tokoh seperti Hippokrates dan Dioscorides memberikan kontribusi penting dalam klasifikasi dan penggunaan bahan-bahan farmasi. Sementara di dunia Islam, ilmuwan seperti Ibnu Sina dan Al-Razi memperkenalkan metode ilmiah dalam pembuatan dan penggunaan obat-obatan.

Memasuki abad pertengahan hingga era modern, perkembangan ilmu farmasi mengalami lompatan signifikan seiring ditemukannya metode ilmiah, teknologi produksi obat, dan regulasi kesehatan. Hal ini menjadikan

farmasi sebagai disiplin ilmu yang kompleks, mencakup aspek kimia, biologi, teknologi, serta aspek sosial dan etika.

Mempelajari sejarah farmasi bukan hanya penting untuk memahami akar dari praktik farmasi modern, tetapi juga sebagai refleksi terhadap evolusi pengetahuan manusia dalam mengatasi masalah kesehatan. Sejarah ini juga memberikan gambaran bagaimana ilmu farmasi akan terus berkembang seiring kemajuan teknologi dan kebutuhan masyarakat global.

B. Pengertian Ilmu Farmasi

1. Definisi Farmasi

Farmasi adalah ilmu dan praktik yang berfokus pada penemuan, pengembangan, penyediaan, distribusi, serta penggunaan obat-obatan untuk tujuan terapeutik. Ilmu farmasi mencakup aspek kimia, biologi, dan ilmu kesehatan yang digunakan untuk memastikan keamanan, efektivitas, dan kualitas dari produk obat yang dikonsumsi oleh manusia.

Menurut World Health Organization (WHO), farmasi adalah profesi yang bertanggung jawab untuk memastikan penggunaan obat yang rasional dan aman serta menyediakan layanan yang berorientasi pada pasien. Dalam praktiknya, farmasi mencakup berbagai bidang seperti farmasetika (formulasi obat), farmakologi (cara kerja obat), farmasi klinis, teknologi farmasi, farmasi komunitas, dan farmasi industri.

Farmasi juga merupakan profesi kesehatan yang dijalankan oleh seorang apoteker, yang memiliki keahlian khusus dalam ilmu obat dan diberi wewenang untuk

melakukan peracikan, pengawasan, hingga pelayanan informasi obat kepada pasien dan tenaga medis.

Dengan perkembangan teknologi dan riset ilmiah, cakupan farmasi telah meluas, termasuk dalam pengembangan bioteknologi, terapi gen, dan farmasi personalisasi. Hal ini menempatkan farmasi sebagai disiplin yang penting dalam sistem pelayanan kesehatan modern.

2. Ruang Lingkup Farmasi

Ilmu farmasi memiliki ruang lingkup yang sangat luas, mencakup berbagai bidang ilmu yang berkaitan dengan obat dan penggunaannya secara aman, efektif, dan rasional. Secara umum, ruang lingkup farmasi terbagi menjadi beberapa cabang utama berikut:

a. Farmasetika (*Pharmaceutics*)

Mempelajari formulasi dan teknik pembuatan sediaan obat, termasuk bentuk tablet, kapsul, injeksi, dan lain-lain. Fokus utamanya adalah menjamin stabilitas, keamanan, dan efektivitas obat dari proses produksi hingga sampai ke pasien.

b. Farmakologi (*Pharmacology*)

Mempelajari cara kerja obat dalam tubuh, efek terapeutik, efek samping, serta interaksi obat. Farmakologi juga mencakup farmakokinetik (perjalanan obat dalam tubuh) dan farmakodinamik (mekanisme aksi obat).

c. Farmakognosi (*Pharmacognosy*)

Mempelajari obat yang berasal dari bahan alam, terutama tumbuhan dan mikroorganisme.

Farmakognosi penting dalam pencarian senyawa bioaktif alami sebagai kandidat obat baru.

d. Kimia Farmasi (*Pharmaceutical Chemistry*)

Berfokus pada struktur kimia obat, sintesis senyawa obat, serta analisis kualitas dan kuantitas bahan aktif dalam produk farmasi.

e. Farmasi Klinis (*Clinical Pharmacy*)

Mengintegrasikan ilmu farmasi dengan praktik klinis. Farmasi klinis berperan dalam pengelolaan terapi obat pasien, termasuk konsultasi, pemantauan efek obat, dan peningkatan kepatuhan pasien.

f. Farmasi Komunitas dan Sosial (*Community and Social Pharmacy*)

Mencakup pelayanan farmasi di tingkat masyarakat, edukasi pasien, dan promosi penggunaan obat yang rasional. Termasuk juga studi tentang perilaku penggunaan obat dalam populasi.

g. Farmasi Industri (*Industrial Pharmacy*)

Berkaitan dengan produksi obat skala besar, pengendalian mutu, regulasi industri farmasi, dan pengembangan produk baru yang sesuai standar keamanan dan efikasi.

h. Farmasi Forensik dan Toksikologi

Mempelajari efek racun dan penggunaan obat dalam konteks hukum dan penyelidikan forensik.

C. Sejarah Perkembangan Ilmu Farmasi

1. Masa Kuno (Mesir, Yunani, Tiongkok)

a. Mesir Kuno

Farmasi di Mesir Kuno telah dikenal sejak 3000 SM. Mereka menggunakan berbagai bahan alami seperti tanaman, mineral, dan hewan untuk keperluan pengobatan. Salah satu dokumen farmasi tertua yang ditemukan adalah Papyrus Ebers (sekitar 1500 SM), yang memuat lebih dari 700 resep obat dan pengobatan untuk berbagai penyakit, seperti luka, gangguan pencernaan, dan infeksi.

Para tabib dan pendeta bertanggung jawab meracik ramuan, dan praktik mereka dianggap suci karena terkait erat dengan kepercayaan spiritual. Penggunaan tanaman seperti bawang putih, aloe vera, dan opium telah tercatat sejak masa ini.

b. Yunani Kuno

Farmasi di Yunani mulai berkembang pesat sekitar abad ke-5 SM. Tokoh penting seperti Hippokrates (460–370 SM), dikenal sebagai "Bapak Kedokteran", memperkenalkan pendekatan rasional terhadap penyakit dan pengobatan, meninggalkan kepercayaan mistik.

Tokoh farmasi paling terkenal adalah Dioscorides, seorang tabib dan ahli botani dari abad ke-1 M, yang menulis karya monumental berjudul *De Materia Medica*. Buku ini memuat deskripsi lebih dari 600 jenis tanaman obat, mineral, dan zat hewani, dan menjadi referensi utama dunia medis hingga berabad-abad kemudian.

c. Tiongkok Kuno

Farmasi Tiongkok berkembang secara paralel dengan sistem pengobatan tradisional Tiongkok (TCM). Salah satu teks penting adalah Shennong Bencao Jing (Klasik Farmakologi Shennong), yang diyakini berasal dari sekitar 2800 SM. Buku ini mencatat lebih dari 300 bahan obat alami dan metode penggunaannya.

Tokoh penting lainnya adalah Li Shizhen, yang pada abad ke-16 menulis Bencao Gangmu (Compendium of Materia Medica), yang mengklasifikasikan ribuan bahan obat berdasarkan sifat terapeutik, efek, dan cara penggunaannya.

Farmasi Tiongkok menekankan pada keseimbangan energi tubuh (yin-yang), dan ramuan tradisional digunakan secara kombinatorial untuk memperkuat efek terapeutik dan mengurangi toksisitas.

2. Masa Islam dan Abad Pertengahan

a. Masa Keemasan Islam (Abad ke-8 hingga ke-13 M)

Perkembangan ilmu farmasi mencapai puncak kejayaan selama masa Kekhalifahan Islam, khususnya pada masa Abbasiyah. Ilmu farmasi dipelajari secara sistematis dan ilmiah, terpisah dari kedokteran. Kota Baghdad menjadi pusat ilmu pengetahuan, termasuk farmasi, berkat didirikannya Bayt al-Hikmah (House of Wisdom) yang menerjemahkan banyak karya Yunani, Persia, dan India ke dalam bahasa Arab.

Beberapa tokoh penting:

- 1) Al-Razi (Rhazes): Seorang dokter dan apoteker Persia yang menulis banyak karya tentang obat-obatan, termasuk Kitab al-Hawi. Ia dikenal karena eksperimen kimianya dalam pengembangan obat-obatan.
- 2) Ibnu Sina (Avicenna): Menulis Al-Qanun fi al-Tibb (The Canon of Medicine), yang menjadi rujukan medis dan farmasi di Timur dan Barat selama berabad-abad. Buku ini mengklasifikasikan ratusan jenis obat dan cara penggunaannya.
- 3) Al-Biruni dan Al-Zahrawi (Abulcasis): Mengembangkan teknik pembuatan obat dan destilasi, serta menciptakan alat-alat farmasi.

Farmasi sebagai profesi diakui secara hukum di dunia Islam. Apoteker (shâdif) harus memiliki lisensi dan diawasi oleh negara agar obat yang disediakan aman dan sesuai standar.

b. Abad Pertengahan di Eropa (Abad ke-5 hingga ke-15 M)

Ilmu farmasi di Eropa pada awalnya mengalami stagnasi setelah runtuhnya Kekaisaran Romawi. Namun, pemikiran dan teks ilmiah dari dunia Islam yang masuk ke Eropa melalui Spanyol dan Sisilia menghidupkan kembali praktik farmasi.

Pada abad ke-12, universitas-universitas pertama di Eropa mulai mengajarkan ilmu farmasi. Apoteker mulai dipisahkan secara profesional dari dokter dan mulai menjalankan praktik mereka secara independen.

Pada abad ke-13, kerajaan di Prancis dan Italia mulai mengeluarkan regulasi profesi apoteker, dan pada abad ke-14 berdiri gilda apoteker yang mengawasi praktik dan pendidikan farmasi di Eropa.

3. Masa Renaisans dan Ilmuwan Eropa

a. Masa Renaisans (Abad ke-14 hingga ke-17)

Masa Renaisans ditandai oleh kebangkitan kembali minat terhadap ilmu pengetahuan klasik, seni, dan budaya setelah Abad Pertengahan. Dalam bidang farmasi, terjadi perkembangan besar dalam pendekatan ilmiah terhadap obat dan kesehatan, didorong oleh penemuan-penemuan baru, pencetakan buku, dan pendirian universitas.

Beberapa tokoh penting:

- 1) Paracelsus (1493–1541): Dikenal sebagai "Bapak Toksikologi", Paracelsus menentang pandangan lama Hippokrates dan Galen, dan memperkenalkan konsep bahwa dosis menentukan apakah suatu zat adalah obat atau racun ("The dose makes the poison"). Ia menekankan penggunaan bahan kimia seperti merkuri, belerang, dan garam dalam terapi, yang kemudian dikenal sebagai iatrokimia.
- 2) Valerius Cordus (1515–1544): Seorang apoteker Jerman yang menulis *Dispensatorium*, salah satu farmakope pertama di Eropa. Buku ini menjadi dasar pengembangan standar obat di apotek.
- 3) Andreas Vesalius (1514–1564): Seorang ahli anatomi yang kontribusinya penting dalam pemahaman struktur tubuh manusia, yang

berdampak pada praktik kedokteran dan farmasi modern.

- 4) William Turner (1508–1568): Dikenal sebagai salah satu botanis pertama Inggris, yang menulis deskripsi ilmiah tentang tanaman obat di Inggris dan penggunaannya.

b. Perkembangan Institusi dan Regulasi

Pada abad ke-16 dan ke-17, mulai muncul farmakope nasional sebagai standar resmi untuk produksi dan distribusi obat. Kota seperti London, Paris, dan Roma mendirikan gilda atau asosiasi apoteker yang mengatur praktik farmasi, termasuk pelatihan, lisensi, dan pengawasan mutu.

Selain itu, universitas-universitas di Italia, Jerman, dan Belanda mulai membuka jurusan farmasi yang terpisah dari kedokteran. Ini menandai langkah awal profesionalisasi ilmu farmasi secara ilmiah dan praktis.

c. Inovasi Teknologi dan Sains

Penemuan mikroskop oleh Antonie van Leeuwenhoek pada akhir abad ke-17 membuka jalan bagi farmasi modern melalui studi mikroorganisme dan pemahaman penyakit infeksi. Penemuan teknik destilasi, fermentasi, dan isolasi zat aktif juga berkembang pesat pada masa ini.

4. Masa Modern dan Industrialisasi

a. Masa Modern Awal (Abad ke-18 hingga awal abad ke-20)

Memasuki abad ke-18, farmasi mulai berkembang sebagai ilmu eksperimental yang berbasis laboratorium.

Perkembangan ilmu kimia organik dan biokimia memberi fondasi kuat bagi identifikasi senyawa aktif dari tumbuhan dan mineral.

Pada masa ini, isolasi zat aktif seperti morphin (1806) dari opium oleh Friedrich Sertürner, serta quinine dari kulit kina dan caffeine, menjadi tonggak penting. Isolasi ini memungkinkan produksi obat-obatan dalam bentuk murni, yang lebih efektif dan aman dibandingkan ramuan tradisional.

Lembaga pendidikan farmasi mulai tersebar luas di Eropa dan Amerika. Farmasi juga mulai dipisahkan secara akademik dari kedokteran dan diatur melalui regulasi formal.

b. Masa Industrialisasi dan Revolusi Farmasi (Abad ke-19 hingga abad ke-20)

Revolusi industri memungkinkan produksi obat secara massal dengan mesin. Industri farmasi modern mulai muncul, seperti:

- 1) Merck (didirikan 1668, berkembang sebagai perusahaan farmasi abad ke-19 di Jerman).
- 2) Bayer (berdiri 1863): dikenal karena mengembangkan aspirin (1899).
- 3) Pfizer, Eli Lilly, dan Glaxo – muncul di abad ke-19 dan berkembang pesat pada abad ke-20.

Pada masa ini juga ditemukan berbagai antibiotik, terutama penisilin oleh Alexander Fleming pada 1928 (diproduksi massal pada 1940-an), yang merevolusi dunia kedokteran dan farmasi.

c. Peran Regulasi dan Farmakope

Negara-negara mulai menyusun farmakope nasional dan membentuk badan regulasi seperti FDA (Food and Drug Administration) di Amerika Serikat. Regulasi ini mengatur izin edar, uji klinis, keamanan, dan kualitas obat.

d. Perkembangan Teknologi dan Ilmu Farmasi Modern

Di pertengahan abad ke-20 hingga sekarang, farmasi memasuki era bioteknologi. Ditemukan insulin rekombinan, vaksin mRNA, serta berkembangnya farmasi klinis, farmakogenomik, dan pengobatan presisi.

Obat-obatan tidak lagi hanya diproduksi berdasarkan bahan alam, tetapi juga melalui rekayasa genetika dan komputasi molekuler.

5. Perkembangan Farmasi di Indonesia

a. Masa Tradisional

Sebelum pengaruh kolonial, masyarakat Indonesia sudah memanfaatkan obat berbasis tumbuhan (jamu) yang diwariskan secara turun-temurun. Ramuan dari kunyit, temulawak, jahe, dan rempah lainnya digunakan sebagai bagian penting budaya kesehatan masyarakat.

b. Masa Penjajahan Belanda

Belanda memperkenalkan ilmu farmasi ilmiah sejak abad ke-19. Apotek pertama, Apotheek de Vierde, dibuka di Batavia pada 1851. Pendidikan apoteker mulai pada 1853 di Batavia.

Tenaga apotek di Indonesia awalnya hanya sebagai asisten untuk apoteker Eropa. Obat dan perundang-undangan kefarmasian masih mengacu pada standar Belanda.

Pada 1936–1939 berdiri Sekolah Asisten Apoteker (Apothekers-assistenschool) di bawah peraturan Hindia Belanda; hingga tahun 1937 tercatat 76 apotek di seluruh Hindia Belanda. Beberapa pabrik obat seperti NV Kina Bandung dan Institut Pasteur di Bandung mulai beroperasi.

c. Masa Kemerdekaan dan Awal Modern

Pasca kemerdekaan, Pemerintah RI mendirikan sekolah tinggi farmasi di Yogyakarta pada 1946, yang kemudian menjadi Fakultas Farmasi UGM. Di Jakarta, Fakultas Farmasi UI dibuka 1947, dan ITB memiliki program farmasi pada awal 1950-an.

Persatuan Ahli Farmasi Indonesia (PAFI) didirikan pada 13 Februari 1946 sebagai organisasi profesi farmasi nasional.

Undang-undang penting diterbitkan: UU Nomor 5 Tahun 1963 (Wajib Apotek), UU No. 9/MenKes 1967 (Pengawasan Obat dan Makanan), dan UU No. 23 Tahun 1979 (Pengelolaan Obat dan Alkes).

d. Industrialisasi Farmasi

Penggabungan perusahaan obat nasional setelah nasionalisasi dilakukan pada akhir 1960-an; PT Kimia Farma dibentuk tahun 1971 dari penggabungan beberapa PNF (Perusahaan Negara Farmasi) sebelumnya.

PT Bio Farma (kantor vaksin negara), sebelumnya Institut Pasteur Bandung, berdiri sejak 1890 dan berubah menjadi entitas pemerintah setelah kemerdekaan. Kini Bio Farma memegang peran penting pengembangan vaksin nasional seperti IndoVac dan obat biologi lainnya

e. Era Reformasi dan Modernisasi

Sejak era Reformasi, kurikulum pendidikan farmasi di Indonesia mulai berubah ke praktik patient-care/clinical pharmacy, dengan institusi pendidikan dan asosiasi baru seperti APTFI (2000) yang memajukan studi klinik dan layanan kefarmasian berorientasi pasien.

Industri farmasi nasional berkembang pesat sejak regulasi PMA/PMDN 1967–1968, serta kemudahan izin apotek pada 1980-an dan 2000-an. Program JKN (2014) memperluas akses obat generik dan layanan kesehatan.

Pada masa pandemi COVID-19, industri farmasi Indonesia memainkan peran aktif dengan memproduksi vaksin lokal (IndoVac, Inavac, Vaksin Merah Putih) dan memulai transfer teknologi biovaksin melalui kerjasama dengan WHO dan perusahaan asing.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, S. (2005). *Making Medicines: A Brief History of Pharmacy and Pharmaceuticals*. Pharmaceutical Press.
- Al-Dabbagh, S. A. (2009). Pharmacy in Islamic Civilization. *Journal of the Islamic Medical Association of North America*, 41(2), 72–78.
- Allen, L. V. (2014). *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems (10th ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Al-Razi. (2004). *Kitab al-Hawi (The Comprehensive Book on Medicine)*. Reprint edition.
- Avicenna (Ibnu Sina). (1999). *The Canon of Medicine. Translated by Laleh Bakhtiar*. Kazi Publications.
- Debus, A. G. (2002). *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*. Dover Publications.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (2010). *Sejarah Farmasi di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Bina Farmasi dan Alat Kesehatan.
- Dioscorides, P. (2000). *De Materia Medica* (L. Y. Beck, Trans.). Olms-Weidmann.
- Ebers, G. (1875). *The Ebers Papyrus*. Leipzig: Library of the University of Leipzig.
- FDA. (2020). *History of Drug Regulation*. U.S. Food & Drug Administration.
- Fleming, A. (1929). *On the Antibacterial Action of Cultures of a Penicillium*. *British Journal of Experimental Pathology*.
- Gutas, D. (1998). *Greek Thought, Arabic Culture: The Graeco-Arabic Translation Movement in Baghdad and Early Abbasid Society*. Routledge.

- Haskell, T. L. (1996). The Emergence of Professional Pharmacy. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, 51(3), 234–256.
- Harkness, D. (2007). *The Jewel House: Elizabethan London and the Scientific Revolution*. Yale University Press.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Profil Apoteker dan Praktik Farmasi di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Kefarmasian dan Alat Kesehatan.
- Li, S. (2003). *Compendium of Materia Medica (Bencao Gangmu)*. Beijing: Foreign Languages Press.
- Paracelsus. (2008). *Selected Writings*. Penguin Classics.
- Pormann, P. E., & Savage-Smith, E. (2007). *Medieval Islamic Medicine*. Edinburgh University Press.
- Porter, R. (1997). *The Greatest Benefit to Mankind: A Medical History of Humanity*. HarperCollins.
- Merck & Co. (2023). *Company History & Milestones*. www.merck.com
- Nasr, S. H. (2006). *Science and Civilization in Islam*. Harvard University Press.
- Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., & Flower, R. J. (2012). *Rang & Dale's Pharmacology (7th ed.)*. Elsevier.
- Remington, J. P. (2013). *Remington: The Science and Practice of Pharmacy (22nd ed.)*. Pharmaceutical Press.
- Sneider, W. (2005). *Drug Discovery: A History*. Wiley.
- Trease, G. E., & Evans, W. C. (2009). *Pharmacognosy (16th ed.)*. Saunders Elsevier.
- Vesalius, A. (1543). *De Humani Corporis Fabrica*. Basel: Oporinus.
- Weatherall, M. (1990). *In Search of a Cure: A History of Pharmaceutical Discovery*. Oxford University Press.
- Wong, K. (1997). *The Shennong Herbal: Chinese Medicine's Foundation*. Singapore: World Scientific Publishing.

World Health Organization. (2021). *The Role of the Pharmacist in the Health Care System*. Geneva: WHO.

Zainuddin, H. (2017). *Ilmu Farmasi: Dari Tradisional ke Modern*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

BAB 2

PERAN DAN ETIKA PROFESI FARMASI

Oleh Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.

A. Pendahuluan

Profesi farmasi merupakan salah satu bidang dalam layanan kesehatan yang memiliki tanggung jawab besar terhadap pengelolaan obat dan kesehatan pasien secara menyeluruh. Farmasis, atau apoteker, tidak hanya bertugas meracik dan mendistribusikan obat, tetapi juga memiliki kewajiban untuk memberikan informasi yang tepat kepada pasien mengenai penggunaan obat-obatan, interaksi obat, serta efek samping yang mungkin terjadi. Profesi ini membutuhkan pengetahuan yang mendalam tentang ilmu farmasi, farmakologi, dan biokimia, serta keterampilan komunikasi yang baik dalam memberikan edukasi kepada pasien. Oleh karena itu, profesi farmasi memiliki peran vital dalam memastikan penggunaan obat yang rasional dan aman.

Peran utama seorang farmasis meliputi penyediaan informasi obat, pelayanan kefarmasian klinis, pengelolaan sediaan farmasi, serta keterlibatan dalam promosi kesehatan masyarakat. Di rumah sakit, farmasis berperan aktif dalam tim medis untuk memberikan rekomendasi terapi yang optimal berdasarkan kondisi pasien. Di apotek komunitas, farmasis menjadi garda terdepan dalam memberikan pelayanan langsung kepada masyarakat, baik

dalam hal pemberian obat bebas maupun dengan resep dokter. Farmasis juga berperan dalam pengawasan mutu obat dan perbekalan farmasi agar tetap sesuai standar yang ditentukan. Dengan peran tersebut, farmasis menjadi jembatan penting antara tenaga medis dan pasien.

Etika profesi farmasi adalah seperangkat prinsip moral dan norma yang mengatur perilaku serta tanggung jawab farmasis dalam menjalankan tugasnya. Etika ini mencakup sikap profesional, kejujuran, integritas, kerahasiaan pasien, serta komitmen terhadap keselamatan dan kesejahteraan pasien. Farmasis dituntut untuk selalu menjunjung tinggi kode etik profesi, termasuk menghormati hak pasien, menghindari konflik kepentingan, serta tidak menyalahgunakan keahliannya untuk kepentingan pribadi. Etika profesi juga mengatur hubungan antar sesama tenaga kesehatan agar saling menghormati dan bekerja secara kolaboratif demi kebaikan pasien.

Selain itu, etika profesi farmasi juga menekankan pentingnya tanggung jawab sosial dan hukum yang harus dipatuhi oleh setiap farmasis. Mereka harus memahami regulasi perundang-undangan di bidang kefarmasian, termasuk pengendalian obat keras, narkotika, dan psikotropika. Pelanggaran terhadap aturan ini tidak hanya dapat merugikan pasien tetapi juga membahayakan reputasi profesi farmasi itu sendiri. Oleh karena itu, etika dan kepatuhan terhadap hukum menjadi landasan utama yang tidak dapat dipisahkan dari praktik kefarmasian yang profesional dan bertanggung jawab.

Dengan demikian, peran dan etika profesi farmasi saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan. Seorang farmasis yang memiliki peran besar dalam pelayanan kesehatan harus dilengkapi dengan etika profesi yang kuat

agar dapat memberikan layanan yang berkualitas dan terpercaya. Keberhasilan dalam profesi ini tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis dan akademis, tetapi juga oleh integritas moral dan sikap profesional dalam menghadapi berbagai situasi. Melalui pemahaman yang baik terhadap peran dan etika, farmasis dapat menjadi agen perubahan dalam meningkatkan mutu pelayanan kesehatan masyarakat secara keseluruhan.

Selain sebagai tenaga kesehatan, farmasis juga berperan penting dalam kegiatan penelitian dan pengembangan obat (R&D) yang mendukung kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang farmasi. Dalam sektor industri, farmasis terlibat dalam formulasi obat baru, pengujian stabilitas, serta proses produksi dan distribusi obat secara massal. Keterlibatan ini menuntut farmasis untuk memiliki pengetahuan ilmiah yang kuat serta kemampuan analisis dan pengambilan keputusan yang tepat. Etika profesi tetap menjadi pedoman dalam proses ini, seperti menjunjung tinggi kejujuran ilmiah, tidak memalsukan data penelitian, serta menjaga kualitas produk yang akan dikonsumsi oleh masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa farmasis memiliki tanggung jawab yang luas, bukan hanya kepada individu pasien, tetapi juga kepada masyarakat dan negara.

Di bidang pendidikan, farmasis berperan sebagai pendidik atau akademisi yang mendidik calon-calon farmasis di institusi pendidikan tinggi. Dalam peran ini, seorang farmasis harus mampu menjadi teladan, menyampaikan ilmu pengetahuan dengan benar, serta mendorong tumbuhnya sikap profesionalisme dan integritas pada mahasiswa. Etika profesi dalam dunia pendidikan farmasi mencakup keadilan dalam penilaian,

penghormatan terhadap karya ilmiah orang lain, serta membina suasana akademik yang sehat. Peran ini sangat penting karena kualitas pendidikan akan berdampak langsung terhadap kualitas pelayanan farmasi di masa depan. Oleh karena itu, pembinaan karakter dan penanaman nilai-nilai etika sejak dini menjadi keharusan.

Di era modern, perkembangan teknologi digital juga turut memengaruhi praktik profesi farmasi. Farmasis kini dihadapkan pada tantangan baru, seperti pelayanan telefarmasi, penggunaan sistem informasi farmasi, dan integrasi data pasien secara digital. Dalam menghadapi tantangan ini, farmasis harus tetap menjaga prinsip-prinsip etika, termasuk kerahasiaan data pasien, akurasi informasi yang diberikan, dan tidak menyalahgunakan teknologi untuk keuntungan pribadi. Adaptasi terhadap perubahan ini membutuhkan komitmen untuk terus belajar dan meningkatkan kompetensi diri. Etika profesi menjadi filter penting dalam menyaring dampak negatif dari perkembangan teknologi sekaligus menjadi pemandu dalam menghadirkan inovasi yang bermanfaat.

Lebih lanjut, farmasis juga memiliki tanggung jawab dalam memberikan edukasi dan penyuluhan kepada masyarakat mengenai penggunaan obat yang tepat dan rasional. Peran ini sangat penting untuk mengurangi risiko penyalahgunaan obat, resistensi antibiotik, atau efek samping yang tidak diinginkan akibat penggunaan obat tanpa pengetahuan yang benar. Farmasis harus mampu menyampaikan informasi dengan bahasa yang mudah dipahami, tanpa mengurangi akurasi ilmiahnya. Dalam konteks ini, etika profesi menuntut agar farmasis tidak menyebarkan informasi yang menyesatkan, tidak menjanjikan hasil penyembuhan yang tidak pasti, dan

selalu mengedepankan kepentingan pasien di atas kepentingan komersial. Kejujuran dalam komunikasi menjadi prinsip utama dalam interaksi dengan masyarakat.

Selain itu, farmasis juga harus mampu menjaga hubungan profesional dengan tenaga kesehatan lain seperti dokter, perawat, dan tenaga laboratorium. Kerja sama lintas profesi ini sangat penting dalam menciptakan sistem pelayanan kesehatan yang terpadu dan efektif. Etika profesi dalam kerja tim menekankan pada sikap saling menghormati, keterbukaan dalam berdiskusi, serta kemampuan untuk bekerja secara kolaboratif demi kepentingan pasien. Farmasis tidak boleh bersikap arogan atau merasa paling tahu, tetapi juga tidak boleh pasif dalam menyampaikan pendapat ilmiahnya. Profesionalisme dalam kerja tim mencerminkan kualitas pribadi dan integritas seorang farmasis.

Di sisi lain, farmasis juga harus bersikap objektif dan adil dalam menjalankan tugas, terutama dalam pengelolaan resep dan distribusi obat. Tidak boleh ada perlakuan berbeda berdasarkan status sosial, ekonomi, atau kedekatan pribadi pasien. Prinsip keadilan menjadi bagian penting dari etika profesi yang harus ditegakkan demi menjamin bahwa semua pasien mendapatkan hak layanan yang sama. Farmasis juga harus menghindari segala bentuk gratifikasi atau imbalan yang dapat memengaruhi keputusan profesional mereka. Sikap adil dan tidak memihak ini memperkuat kepercayaan publik terhadap profesi farmasi sebagai salah satu pilar penting dalam sistem kesehatan nasional.

Peran dan etika profesi farmasi juga tidak berhenti dalam ruang lingkup nasional, melainkan juga menyentuh dimensi global. Dalam situasi seperti pandemi atau krisis

kesehatan global, farmasis turut berperan dalam pengendalian penyakit, distribusi vaksin, dan edukasi massal tentang penggunaan obat. Mereka harus mampu beradaptasi dengan standar internasional, memahami protokol global, serta menjaga solidaritas kemanusiaan dalam praktik profesinya. Etika profesi menekankan bahwa tugas farmasis adalah melayani umat manusia tanpa memandang batas wilayah, ras, atau agama. Semangat kemanusiaan ini menjadi kekuatan moral yang memperkuat keberadaan farmasis sebagai agen perubahan di dunia.

Dengan penambahan ini, semakin terlihat bahwa peran dan etika profesi farmasi sangat luas dan kompleks, mencakup aspek teknis, sosial, edukatif, kolaboratif, dan kemanusiaan. Farmasis bukan hanya pelayan kesehatan, tetapi juga pendidik, peneliti, inovator, dan pemimpin dalam komunitasnya. Untuk itu, diperlukan komitmen berkelanjutan dalam menjunjung tinggi etika profesi agar peran yang dijalankan tetap bermakna dan membawa dampak positif bagi masyarakat luas. Hanya dengan integritas dan dedikasi penuh, profesi farmasi dapat terus berkembang dan tetap relevan dalam menjawab tantangan kesehatan masa kini dan masa depan.

Dalam praktik sehari-hari, farmasis juga memiliki peran penting dalam pengawasan mutu obat di lapangan, khususnya dalam memastikan bahwa produk farmasi yang beredar di masyarakat memenuhi standar keamanan, mutu, dan khasiat yang ditetapkan. Farmasis yang bekerja di Balai Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) atau instansi sejenis memiliki tanggung jawab besar dalam melakukan inspeksi, pengujian laboratorium, dan penarikan obat yang terbukti tidak layak edar. Dalam konteks ini, etika profesi

menuntut agar farmasis bersikap tegas, jujur, dan tidak dapat disuap atau dipengaruhi oleh pihak manapun yang memiliki kepentingan ekonomi. Keberpihakan terhadap keselamatan konsumen adalah landasan moral utama dalam fungsi pengawasan ini, dan setiap kelalaian bisa berdampak fatal bagi kesehatan masyarakat.

Farmasis yang menjalankan praktik kefarmasian di apotek juga harus menerapkan prinsip etika dalam aspek bisnis dan pelayanan. Meskipun apotek adalah unit usaha, farmasis tidak boleh mengutamakan keuntungan di atas keselamatan pasien. Misalnya, menjual obat tanpa resep yang seharusnya diresepkan, atau merekomendasikan produk dengan harga mahal tanpa mempertimbangkan kondisi pasien, adalah bentuk pelanggaran etika. Farmasis harus mampu menyeimbangkan antara aspek pelayanan sosial dan keberlanjutan usaha apotek. Pelayanan yang jujur, transparan, dan tidak memaksakan penjualan adalah wujud nyata dari integritas profesi yang dibangun dengan kepercayaan jangka panjang dari masyarakat.

Di lembaga pemerintahan, farmasis juga berperan sebagai penyusun kebijakan obat nasional, pengelola logistik obat untuk program kesehatan masyarakat, hingga pelaksana program distribusi obat gratis untuk masyarakat miskin. Dalam posisi ini, farmasis memiliki wewenang dan kekuasaan administratif yang besar, sehingga integritas moral menjadi sangat krusial. Etika profesi menuntut agar farmasis tidak menyalahgunakan kewenangan untuk kepentingan pribadi, seperti penyelewengan anggaran atau pengadaan obat fiktif. Transparansi, akuntabilitas, dan keberpihakan pada kebutuhan publik adalah prinsip yang harus menjadi pegangan. Dengan demikian, etika tidak

hanya menjadi pedoman perilaku individual, tetapi juga landasan etis dalam tata kelola sistem kesehatan.

Dalam aspek pelayanan khusus, seperti pelayanan farmasi untuk pasien dengan penyakit kronis atau pasien terminal, farmasis dituntut untuk lebih sensitif, empatik, dan komunikatif. Mereka harus mampu membangun hubungan yang suportif dan penuh kepedulian terhadap pasien dan keluarganya. Etika profesi dalam konteks ini mencakup penghormatan terhadap pilihan pasien, menjaga kerahasiaan kondisi pasien, serta memberikan dukungan informasi yang realistis namun tetap memberi harapan. Farmasis harus menghindari sikap diskriminatif terhadap pasien HIV/AIDS, penyakit mental, atau penyakit sosial lainnya. Justru di titik inilah profesionalisme dan nilai-nilai kemanusiaan farmasis diuji, karena pelayanan farmasi bukan hanya soal obat, tetapi juga soal hati dan empati.

B. Etika Profesi dalam Konteks Pelayanan Kefarmasian di Pedesaan atau Daerah Terpencil

Etika profesi dalam konteks pelayanan kefarmasian di pedesaan atau daerah terpencil memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kualitas layanan kesehatan masyarakat. Etika profesi mengatur perilaku dan tanggung jawab moral apoteker dalam menjalankan tugasnya, termasuk menjunjung tinggi integritas, kejujuran, dan komitmen terhadap keselamatan pasien. Di daerah terpencil, tantangan pelayanan kesehatan sering kali lebih besar dibandingkan dengan daerah perkotaan, seperti keterbatasan akses obat, tenaga kesehatan yang minim, serta fasilitas yang kurang memadai. Dalam kondisi ini, apoteker dituntut untuk tetap berpegang teguh pada

prinsip etika profesi demi memberikan pelayanan yang aman, efektif, dan manusiawi.

Salah satu prinsip utama etika profesi adalah tanggung jawab terhadap pasien. Apoteker di daerah terpencil sering kali menjadi sumber utama informasi obat dan kesehatan bagi masyarakat. Oleh karena itu, mereka harus memastikan bahwa setiap informasi dan pelayanan yang diberikan bersifat akurat, tidak menyesatkan, serta mengutamakan kepentingan pasien di atas kepentingan pribadi atau keuntungan ekonomi. Dalam kondisi keterbatasan obat-obatan, apoteker juga dihadapkan pada dilema etika terkait distribusi obat secara adil dan merata kepada seluruh lapisan masyarakat, sehingga diperlukan kebijaksanaan dan integritas yang tinggi dalam pengambilan keputusan.

Selain itu, etika profesi juga mencakup pentingnya menjaga kerahasiaan informasi pasien. Di daerah pedesaan yang memiliki hubungan sosial yang erat, isu privasi bisa menjadi sangat sensitif. Apoteker wajib menjaga informasi medis pasien dengan penuh tanggung jawab dan tidak membocorkannya kepada pihak lain tanpa izin, kecuali dalam kondisi darurat medis yang mengharuskannya. Hal ini penting untuk menjaga kepercayaan masyarakat terhadap profesi kefarmasian dan menjamin keberlangsungan pelayanan kesehatan yang berbasis pada kepercayaan dan rasa aman.

Komitmen terhadap peningkatan kualitas diri juga merupakan bagian dari etika profesi. Apoteker yang bertugas di daerah terpencil dituntut untuk terus meningkatkan pengetahuan dan keterampilannya, meskipun akses terhadap pelatihan atau seminar mungkin terbatas. Penggunaan teknologi digital dan jaringan profesi

bisa menjadi solusi untuk mengatasi kendala ini. Dengan menjaga kompetensi profesional, apoteker dapat memberikan layanan terbaik kepada masyarakat dan tetap relevan dengan perkembangan ilmu kefarmasian.

Selain aspek-aspek yang telah disebutkan, etika profesi dalam pelayanan kefarmasian di daerah terpencil juga mencakup prinsip keadilan sosial. Apoteker harus memperlakukan setiap pasien tanpa diskriminasi, baik berdasarkan status sosial, ekonomi, suku, agama, maupun latar belakang budaya. Di daerah pedesaan, perbedaan budaya dan adat istiadat sering kali sangat kuat, sehingga apoteker perlu memiliki kepekaan budaya dan kemampuan berkomunikasi yang baik agar bisa menyampaikan informasi kesehatan secara tepat dan diterima oleh masyarakat. Sikap inklusif dan adil ini sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh warga, tanpa terkecuali, mendapatkan pelayanan kefarmasian yang setara dan bermartabat.

Dalam menjalankan praktik profesinya, apoteker juga harus mampu bekerja sama dengan tenaga kesehatan lain, seperti dokter, bidan, atau perawat yang juga bertugas di daerah terpencil. Kolaborasi antarprofesi sangat penting untuk memastikan kontinuitas pelayanan kesehatan, mengingat keterbatasan jumlah tenaga medis di wilayah tersebut. Etika profesi menuntut apoteker untuk bersikap profesional, menghargai peran dan kompetensi rekan sejawat, serta menghindari konflik kepentingan yang dapat merugikan pasien. Hubungan kerja yang harmonis dan saling mendukung akan meningkatkan efektivitas layanan serta memperkuat sistem kesehatan lokal.

Keterlibatan apoteker dalam kegiatan sosial dan edukasi masyarakat juga merupakan wujud nyata dari

penerapan etika profesi. Di banyak daerah terpencil, pemahaman masyarakat terhadap penggunaan obat yang tepat dan risiko penyalahgunaan obat masih rendah. Apoteker berperan penting dalam memberikan penyuluhan, seperti tentang antibiotik, obat tradisional, efek samping obat, hingga pentingnya kepatuhan terhadap pengobatan. Melalui pendekatan edukatif yang etis dan tidak menggurui, apoteker dapat memberdayakan masyarakat untuk lebih mandiri dalam menjaga kesehatan dan mencegah penyakit.

Tak kalah penting, apoteker di daerah pedesaan juga harus memiliki komitmen terhadap transparansi dan akuntabilitas. Dalam hal pengelolaan obat, baik di apotek maupun di fasilitas pelayanan kesehatan, apoteker harus menjalankan tugasnya dengan jujur dan bertanggung jawab. Misalnya, dalam pencatatan keluar-masuk obat, pengadaan obat, serta dalam pemberian resep yang sesuai dengan ketentuan. Praktik-praktik seperti penimbunan obat, penyalahgunaan resep, atau penjualan obat ilegal harus dihindari, karena bertentangan dengan etika profesi dan dapat merusak kepercayaan publik.

Secara keseluruhan, etika profesi dalam pelayanan kefarmasian di pedesaan bukan hanya menyangkut standar teknis dalam praktik, tetapi juga nilai-nilai kemanusiaan, keadilan, tanggung jawab sosial, dan integritas pribadi. Di tengah keterbatasan sarana dan tantangan geografis, apoteker tetap harus menjadi garda terdepan dalam memastikan bahwa setiap individu mendapatkan akses terhadap pelayanan kefarmasian yang bermutu dan beretika. Dengan menjadikan etika sebagai landasan utama dalam praktiknya, apoteker tidak hanya menjalankan tugas profesional, tetapi juga berkontribusi langsung terhadap

peningkatan kualitas hidup masyarakat di wilayah-wilayah yang paling membutuhkan.

Selain tanggung jawab individual, etika profesi dalam pelayanan kefarmasian di daerah pedesaan juga mencakup peran apoteker sebagai agen perubahan dalam sistem kesehatan lokal. Apoteker yang bekerja di daerah terpencil sering menjadi satu-satunya tenaga kefarmasian yang dapat diandalkan, sehingga mereka memiliki tanggung jawab moral untuk turut mendorong perbaikan sistem pelayanan kesehatan secara keseluruhan. Misalnya, apoteker dapat memberikan masukan kepada pemerintah daerah atau dinas kesehatan terkait kebutuhan obat, fasilitas penyimpanan yang layak, serta program distribusi obat yang lebih efisien. Partisipasi aktif ini mencerminkan kepedulian terhadap keberlanjutan sistem kesehatan dan merupakan perwujudan etika profesi yang tidak hanya bersifat pelayanan langsung, tetapi juga advokasi dan kebijakan.

Apoteker juga harus menunjukkan keteladanan dalam menjalankan profesinya, terutama di lingkungan yang masih memandang profesi kesehatan sebagai figur otoritas. Dalam konteks ini, sikap dan perilaku apoteker sangat memengaruhi persepsi masyarakat terhadap pentingnya penggunaan obat yang tepat dan rasional. Keteladanan ini tercermin dari konsistensi antara perkataan dan tindakan, misalnya tidak memberikan obat sembarangan tanpa resep hanya karena desakan pasien atau tekanan ekonomi. Apoteker harus tetap mengedepankan prinsip kehati-hatian dan berani menolak praktik yang melanggar etika, meskipun menghadapi risiko kehilangan pasien atau pendapatan.

Etika profesi juga mendorong apoteker untuk menghindari praktik komersial berlebihan yang mengabaikan kepentingan kesehatan masyarakat. Di beberapa daerah, apotek atau toko obat bisa menjadi ladang bisnis yang menggiurkan karena minimnya pengawasan. Namun, apoteker yang beretika tidak akan mengutamakan keuntungan semata. Ia akan memastikan bahwa harga obat tetap terjangkau, tidak menjual obat palsu atau kadaluarsa, serta tidak memanipulasi informasi untuk meningkatkan penjualan. Etika dalam aspek komersial ini penting agar pelayanan kefarmasian tetap berada dalam koridor kemanusiaan, bukan semata-mata perdagangan.

Lebih jauh, apoteker juga memiliki kewajiban etis untuk menghargai kearifan lokal dalam praktik kesehatan masyarakat. Di daerah pedesaan, penggunaan obat tradisional atau pengobatan alternatif masih sangat umum. Apoteker harus bersikap terbuka namun kritis terhadap praktik ini. Mereka tidak boleh langsung meremehkan tradisi lokal, melainkan perlu melakukan pendekatan persuasif dan edukatif. Dengan memberikan penjelasan ilmiah yang dapat diterima masyarakat, apoteker dapat membangun jembatan antara ilmu kedokteran modern dan praktik lokal, sehingga masyarakat dapat memperoleh manfaat maksimal tanpa mengabaikan keselamatan dan efektivitas terapi.

Terakhir, etika profesi juga mencakup pentingnya menjaga semangat dan kesehatan mental apoteker itu sendiri. Bertugas di daerah terpencil sering kali diiringi dengan perasaan terisolasi, tekanan kerja tinggi, dan minimnya dukungan profesional. Dalam kondisi seperti ini, penting bagi apoteker untuk menjaga keseimbangan antara

tugas profesi dan kebutuhan pribadi. Mengembangkan jejaring dengan sesama tenaga kesehatan, mengikuti komunitas profesi daring, serta mencari dukungan emosional merupakan langkah-langkah yang etis untuk menjaga keberlangsungan pelayanan yang optimal. Dengan tetap menjaga semangat dan integritas, apoteker di daerah pedesaan mampu menjalankan perannya secara maksimal dan bermakna bagi masyarakat.

C. Etika dan Peran Farmasi dalam Pengelolaan Obat di Lembaga Pemasarakatan

Etika profesi farmasi menuntut seorang farmasis untuk menjunjung tinggi prinsip-prinsip moral dalam memberikan pelayanan kefarmasian, termasuk di lingkungan yang penuh tantangan seperti lembaga pemsarakatan. Farmasis wajib menjaga integritas, kerahasiaan pasien, serta memberikan pelayanan yang adil dan tidak diskriminatif kepada seluruh narapidana tanpa memandang latar belakang kejahatannya. Dalam konteks lembaga pemsarakatan, etika ini menjadi sangat penting karena lingkungan tersebut memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap penyalahgunaan obat, manipulasi informasi medis, serta potensi konflik kepentingan antara keamanan dan kesehatan.

Peran farmasis dalam pengelolaan obat di lembaga pemsarakatan mencakup beberapa aspek penting, seperti pengadaan, penyimpanan, distribusi, hingga pemberian obat kepada narapidana sesuai dengan kebutuhan medis yang sah. Farmasis harus memastikan bahwa seluruh proses tersebut dilakukan sesuai dengan standar regulasi dan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Selain itu, mereka juga bertanggung jawab atas

kualitas dan keamanan obat yang digunakan, serta memastikan bahwa tidak terjadi penyimpangan atau penyalahgunaan obat, khususnya obat-obatan yang tergolong psikotropika atau narkotika.

Dalam lembaga pemasyarakatan, farmasis juga berperan sebagai bagian dari tim layanan kesehatan yang bekerja sama dengan dokter dan perawat untuk merancang terapi pengobatan yang rasional dan aman bagi narapidana. Mereka melakukan pemantauan efek samping obat, interaksi antar obat, serta kepatuhan narapidana dalam menjalani pengobatan. Keterlibatan aktif farmasis dalam edukasi kesehatan dan pengobatan turut membantu meningkatkan pemahaman narapidana terhadap pentingnya penggunaan obat secara benar dan bertanggung jawab, yang pada akhirnya berdampak positif terhadap proses rehabilitasi.

Etika profesi juga menuntut farmasis untuk mampu bersikap profesional di tengah tekanan dan keterbatasan fasilitas di lembaga pemasyarakatan. Mereka harus tetap objektif, transparan, serta mengedepankan kepentingan kesehatan narapidana sebagai manusia yang tetap memiliki hak atas pelayanan kesehatan yang layak. Tugas ini tentu menuntut farmasis memiliki keteguhan moral, kecermatan dalam bekerja, serta keterampilan komunikasi yang baik untuk menghadapi berbagai kondisi yang kompleks dan tidak jarang berisiko tinggi.

Dengan demikian, etika dan peran farmasis dalam pengelolaan obat di lembaga pemasyarakatan bukan hanya menyangkut aspek teknis semata, melainkan juga aspek kemanusiaan dan moralitas yang tinggi. Farmasis menjadi garda terdepan dalam menjaga integritas pelayanan kesehatan di dalam penjara, serta memastikan bahwa

setiap narapidana memperoleh pengobatan yang tepat, aman, dan manusiawi. Keberadaan mereka sangat krusial dalam menjamin berjalannya sistem kesehatan yang adil dan berkualitas di dalam lingkungan yang penuh batasan dan tantangan.

Selain menjalankan tugas teknis dan etis, farmasis di lembaga pemasyarakatan juga memiliki peran strategis dalam pengembangan kebijakan pengelolaan obat yang efektif dan efisien. Mereka dapat terlibat dalam penyusunan prosedur operasional standar (SOP) mengenai penyimpanan obat yang aman, pencatatan penggunaan obat yang transparan, serta sistem pelaporan yang akurat untuk mencegah kehilangan atau penyalahgunaan obat. Kebijakan ini sangat penting mengingat tingginya risiko penyimpangan dalam sistem tertutup seperti penjara, di mana obat-obatan dapat digunakan sebagai alat manipulasi atau barter oleh pihak-pihak tertentu.

Selain itu, farmasis juga harus memiliki kemampuan dalam melakukan pelatihan dan edukasi kepada petugas pemasyarakatan maupun tenaga kesehatan lain di lapas terkait tata cara penanganan obat yang benar. Ini mencakup pelatihan tentang pengenalan jenis-jenis obat, efek samping, penanganan kegawatdaruratan akibat reaksi obat, serta pelaporan apabila terjadi penyalahgunaan. Peran edukatif ini sangat membantu dalam membentuk sistem kerja yang lebih kolaboratif dan bertanggung jawab antar profesi di lingkungan lapas.

Farmasis juga memiliki tanggung jawab untuk mendukung upaya rehabilitasi narapidana yang memiliki riwayat penyalahgunaan narkotika atau gangguan mental. Dalam hal ini, farmasis tidak hanya menjadi penyalur obat, tetapi juga bagian dari proses terapi jangka panjang yang

bertujuan untuk pemulihan narapidana secara menyeluruh. Mereka harus memahami kondisi psikologis pasien, serta bekerja sama dengan tenaga psikiatri dan konselor dalam menetapkan rencana terapi obat yang tepat, aman, dan mampu meminimalisasi potensi kekambuhan.

Kemampuan farmasis dalam melakukan pencatatan dan dokumentasi yang akurat juga berperan penting dalam mendukung sistem pengawasan internal maupun eksternal terhadap pelayanan kesehatan di lembaga pemasyarakatan. Pencatatan yang lengkap akan memudahkan proses audit, evaluasi kebijakan, hingga pelaporan kepada instansi pengawas seperti Kementerian Hukum dan HAM serta Kementerian Kesehatan. Hal ini memastikan bahwa seluruh kegiatan pengelolaan obat dapat dipertanggungjawabkan secara profesional dan hukum.

Dengan semua peran tersebut, keberadaan farmasis di lembaga pemasyarakatan tidak bisa dipandang sebelah mata. Mereka bukan hanya tenaga kesehatan yang bertugas menyediakan obat, tetapi juga agen perubahan yang menjunjung tinggi etika, profesionalisme, dan kemanusiaan dalam sistem pemasyarakatan. Peran ini semakin penting dalam mendukung transformasi layanan kesehatan di lapas yang lebih manusiawi, berkelanjutan, dan berbasis hak asasi manusia.

Dalam konteks keamanan, farmasis juga memiliki tanggung jawab besar dalam mengidentifikasi potensi penyalahgunaan obat oleh narapidana maupun oknum petugas. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan distribusi obat yang ketat dan terintegrasi, seperti penggunaan teknologi informasi dalam sistem inventory obat dan pelacakan penggunaan per pasien. Farmasis harus sigap dalam mendeteksi adanya pola-pola tidak wajar

dalam permintaan obat tertentu yang bisa mengindikasikan potensi penyalahgunaan atau kebocoran distribusi. Di sinilah peran farmasis sebagai pengawas sekaligus pengendali mutu sangat vital dalam menjaga integritas sistem pengobatan di dalam lembaga masyarakat.

Tak hanya dari aspek keamanan dan pengawasan, farmasis juga berkontribusi dalam meningkatkan mutu layanan kesehatan dengan melakukan evaluasi terapi obat secara berkala. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa terapi yang diberikan masih relevan, efektif, dan sesuai dengan perkembangan kondisi pasien. Jika ditemukan efek samping atau resistensi terhadap obat tertentu, farmasis dapat merekomendasikan alternatif terapi kepada tim medis. Pendekatan farmasi klinis seperti ini menjadi wujud nyata bahwa farmasis tidak hanya bekerja di balik meja apotek, tetapi juga aktif berperan dalam proses penyembuhan narapidana secara holistik.

Lebih lanjut, farmasis juga menjadi pihak yang menjembatani komunikasi antara narapidana sebagai pasien dengan tim kesehatan. Di lembaga masyarakat, tidak semua narapidana memiliki pemahaman yang cukup mengenai pentingnya kepatuhan berobat. Di sinilah farmasis menjalankan peran edukator, menjelaskan secara sederhana manfaat, dosis, efek samping, dan konsekuensi jika obat tidak dikonsumsi sesuai anjuran. Edukasi ini juga membantu membangun hubungan saling percaya antara narapidana dengan petugas kesehatan, yang penting untuk keberhasilan terapi jangka panjang.

Tantangan lainnya yang dihadapi farmasis adalah keterbatasan sumber daya, baik dari segi fasilitas, tenaga, maupun jenis obat yang tersedia di lembaga masyarakat. Farmasis harus mampu mengelola obat

secara cermat dengan prinsip rasional, memaksimalkan penggunaan obat yang tersedia, serta menghindari pemborosan atau kekurangan stok. Dalam kondisi darurat atau kekosongan obat tertentu, farmasis harus cepat berkoordinasi dengan pihak terkait agar pelayanan tidak terputus dan tetap memenuhi standar yang ditetapkan pemerintah.

Akhirnya, farmasis di lembaga pemasyarakatan adalah representasi dari komitmen negara dalam memberikan hak pelayanan kesehatan yang setara kepada semua warga negara, termasuk mereka yang sedang menjalani hukuman. Peran dan etika farmasis menjadi fondasi utama dalam membangun sistem kesehatan yang profesional, transparan, dan berorientasi pada pemulihan narapidana. Dengan integritas, kompetensi, dan dedikasi yang tinggi, farmasis mampu menjadi pelaku penting dalam mewujudkan layanan kesehatan yang bermartabat di balik tembok penjara.

D. Etika Profesi dalam Perdagangan Internasional Obat dan Produk Farmasi

Etika profesi dalam perdagangan internasional obat dan produk farmasi merupakan prinsip moral dan norma yang harus dipatuhi oleh para pelaku industri farmasi dalam menjalankan aktivitas bisnis lintas negara. Etika ini mencakup integritas dalam penelitian, pengembangan, produksi, distribusi, dan pemasaran obat agar tidak merugikan pasien maupun negara tujuan ekspor. Dalam konteks global, kepatuhan terhadap regulasi internasional seperti standar WHO (World Health Organization), ICH (International Council for Harmonisation), dan peraturan lokal di negara tujuan menjadi keharusan moral dan legal.

Praktik yang tidak etis seperti pemalsuan data uji klinis, peredaran obat palsu, dan pengabaian keamanan pasien dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan masyarakat dan kepercayaan internasional.

Selain itu, etika profesi menuntut adanya transparansi dalam proses kerja sama perdagangan antarnegara. Pelaku industri farmasi harus menyampaikan informasi yang jujur dan akurat mengenai kandungan, efek samping, cara penggunaan, serta risiko obat atau produk yang ditawarkan. Informasi ini penting bagi tenaga kesehatan dan regulator di negara tujuan agar dapat mengambil keputusan yang tepat dalam menyetujui atau menolak izin edar suatu produk. Dalam praktik perdagangan internasional, perusahaan farmasi juga dituntut untuk tidak menyuap pejabat, menghindari praktik kartel, dan tidak memonopoli pasar secara tidak adil. Prinsip fair trade dan persaingan sehat menjadi bagian penting dari etika profesi yang harus dijunjung tinggi.

Etika profesi juga berkaitan erat dengan perlindungan hak kekayaan intelektual. Dalam perdagangan internasional, hak paten atas obat harus dihormati untuk memberikan insentif kepada penemu dan produsen yang telah berinvestasi dalam riset. Namun demikian, perusahaan farmasi juga perlu mempertimbangkan aspek kemanusiaan, seperti memberikan akses yang terjangkau untuk obat-obatan penting, terutama bagi negara berkembang yang memiliki keterbatasan sumber daya. Dalam konteks ini, praktik voluntary licensing dan compulsory licensing yang etis bisa menjadi solusi untuk menyeimbangkan hak paten dan kebutuhan publik.

Tanggung jawab sosial perusahaan (*corporate social responsibility/CSR*) menjadi bagian dari etika profesi dalam

perdagangan internasional produk farmasi. Perusahaan farmasi tidak hanya berorientasi pada keuntungan, tetapi juga harus memiliki komitmen terhadap kesehatan global, seperti dengan mendukung program vaksinasi, pengobatan penyakit endemik, serta menyediakan harga diferensiasi bagi negara miskin. Etika profesi menekankan bahwa perdagangan obat bukan semata-mata aktivitas ekonomi, tetapi memiliki dimensi kemanusiaan yang tinggi karena menyangkut keselamatan dan kesejahteraan pasien.

Selain aspek yang telah dijelaskan sebelumnya, etika profesi dalam perdagangan internasional obat dan produk farmasi juga mencakup tanggung jawab terhadap uji klinis yang dilakukan lintas negara. Banyak perusahaan farmasi yang mengadakan uji klinis di negara berkembang karena biaya yang lebih rendah dan regulasi yang lebih longgar. Dalam hal ini, penting bagi perusahaan untuk memastikan bahwa uji klinis dilakukan secara etis, dengan persetujuan berdasarkan informasi yang jelas dari para peserta, perlindungan terhadap hak dan keselamatan subjek uji, serta pengawasan dari komite etik yang independen. Pelanggaran terhadap prinsip-prinsip ini dapat menyebabkan eksploitasi populasi rentan dan merusak reputasi industri secara global.

Etika juga mengatur hubungan antara perusahaan farmasi dan tenaga medis, baik dalam konteks promosi produk maupun kerjasama riset. Praktik yang tidak etis seperti pemberian hadiah atau insentif kepada dokter agar meresepkan obat tertentu tidak hanya mencederai profesionalisme, tetapi juga dapat merugikan pasien yang mendapatkan resep tidak berdasarkan kebutuhan medis. Dalam perdagangan internasional, pengawasan atas interaksi ini semakin penting karena perbedaan budaya

dan regulasi antar negara bisa menjadi celah bagi manipulasi etis. Oleh karena itu, kode etik global dari organisasi profesi seperti International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA) diperlukan untuk menjaga standar yang konsisten.

Aspek keberlanjutan lingkungan juga menjadi bagian dari etika profesi dalam perdagangan produk farmasi internasional. Proses produksi, distribusi, dan pembuangan limbah farmasi harus memperhatikan dampaknya terhadap lingkungan. Pencemaran air akibat pembuangan zat kimia dari pabrik obat atau distribusi menggunakan metode yang tidak ramah lingkungan adalah contoh pelanggaran etika yang dapat menimbulkan kerusakan jangka panjang. Perusahaan farmasi dituntut untuk mengembangkan rantai pasok yang berkelanjutan, menerapkan prinsip green pharmacy, dan ikut serta dalam program tanggung jawab lingkungan global.

Selain itu, perlunya edukasi kepada konsumen juga menjadi bagian dari praktik etis dalam perdagangan internasional obat. Produk farmasi yang beredar di pasar global harus disertai dengan informasi yang mudah dipahami oleh masyarakat luas dalam bahasa lokal, termasuk cara penggunaan yang benar, peringatan efek samping, dan kontraindikasi. Memberikan informasi yang menyesatkan atau menyembunyikan fakta penting adalah bentuk pelanggaran etika serius. Edukasi ini juga perlu dilakukan oleh perusahaan farmasi bekerja sama dengan otoritas kesehatan setempat agar masyarakat tidak hanya menjadi objek pasar, tetapi juga subjek yang sadar dan terlindungi.

Selanjutnya, aspek keadilan dalam distribusi obat juga merupakan bagian penting dari etika profesi dalam

perdagangan internasional obat dan produk farmasi. Dalam praktiknya, sering terjadi ketimpangan antara negara maju dan negara berkembang dalam hal akses terhadap obat-obatan esensial. Etika profesi mengharuskan perusahaan farmasi dan pemangku kepentingan global untuk memastikan bahwa distribusi obat tidak hanya berorientasi pada keuntungan, tetapi juga mempertimbangkan prinsip keadilan sosial. Misalnya, dalam situasi pandemi atau darurat kesehatan global, ketersediaan obat dan vaksin seharusnya tidak hanya diprioritaskan untuk negara-negara kaya, tetapi harus didistribusikan secara proporsional berdasarkan kebutuhan dan urgensi.

Etika juga mengatur tentang perlunya menghormati hukum dan regulasi di negara tujuan perdagangan. Setiap negara memiliki kebijakan kesehatan, standar keamanan, dan persyaratan registrasi yang berbeda. Dalam hal ini, perusahaan farmasi internasional dituntut untuk tidak hanya menyesuaikan produk dengan persyaratan teknis, tetapi juga memahami konteks sosial, budaya, dan nilai-nilai lokal masyarakat di mana produk tersebut akan digunakan. Ketidaktahuan atau pengabaian terhadap hal ini bisa memicu resistensi dari masyarakat, bahkan menimbulkan konflik etis dan hukum. Oleh karena itu, pendekatan yang sensitif terhadap budaya lokal merupakan bagian dari etika profesi yang tidak bisa diabaikan.

Dalam konteks digitalisasi dan perdagangan elektronik, etika profesi juga berkembang untuk mencakup distribusi obat melalui platform daring (online). Perdagangan obat secara online lintas negara menimbulkan tantangan baru dalam hal pengawasan mutu, keamanan konsumen, dan pencegahan penyalahgunaan obat. Penjualan obat tanpa resep atau tanpa konsultasi medis

melalui e-commerce bisa melanggar kode etik dan membahayakan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pelaku industri farmasi harus memastikan bahwa sistem penjualan daring dilakukan dengan transparan, akuntabel, serta tetap dalam koridor hukum dan etika internasional yang berlaku.

Isu keamanan data pasien juga menjadi perhatian dalam perdagangan global produk farmasi, khususnya yang berkaitan dengan layanan kesehatan berbasis teknologi. Etika profesi menekankan perlindungan data pribadi pasien, terutama dalam pengumpulan, penyimpanan, dan penggunaan data medis dalam riset atau pemasaran. Pelanggaran terhadap privasi pasien, seperti menjual data ke pihak ketiga tanpa izin, merupakan pelanggaran serius terhadap etika profesi. Oleh sebab itu, perusahaan farmasi dan penyedia layanan kesehatan internasional wajib menerapkan prinsip-prinsip transparansi, informed consent, dan perlindungan privasi sesuai dengan standar global seperti GDPR (*General Data Protection Regulation*).

Sebagai penutup, etika profesi dalam perdagangan internasional obat dan produk farmasi bukan hanya sekadar kepatuhan terhadap hukum, tetapi juga mencerminkan komitmen moral untuk menjunjung tinggi nilai-nilai kemanusiaan, keadilan, dan tanggung jawab sosial. Dalam dunia yang semakin terintegrasi secara global, pelaku industri farmasi memiliki peran strategis dalam menjaga kesehatan masyarakat dunia. Oleh karena itu, integrasi antara orientasi bisnis dan prinsip etika harus menjadi dasar dalam setiap pengambilan keputusan, agar perdagangan internasional di bidang farmasi dapat berjalan secara berkelanjutan, adil, dan memberikan manfaat maksimal bagi umat manusia.

E. Tantangan Etika Profesi di Era Disinformasi dan Hoaks Kesehatan

Di era digital saat ini, salah satu tantangan etika profesi yang paling mendesak adalah penyebaran disinformasi dan hoaks, khususnya dalam bidang kesehatan. Informasi yang tidak akurat dapat menyebar dengan cepat melalui media sosial, aplikasi pesan instan, dan situs-situs tidak kredibel, seringkali tanpa proses verifikasi. Para profesional kesehatan, seperti dokter, perawat, apoteker, dan tenaga medis lainnya, menghadapi tekanan etis yang besar dalam menanggapi dan mengoreksi informasi palsu yang berpotensi membahayakan masyarakat. Tantangan ini tidak hanya menuntut pengetahuan ilmiah, tetapi juga keterampilan komunikasi yang efektif untuk meredakan kepanikan dan membimbing masyarakat menuju sumber informasi yang benar.

Etika profesi mengharuskan para profesional kesehatan untuk menjunjung tinggi integritas, kejujuran, dan tanggung jawab sosial. Namun, di tengah derasnya arus informasi yang menyesatkan, para tenaga kesehatan sering kali dihadapkan pada dilema: apakah mereka harus secara aktif melawan hoaks yang beredar di luar tanggung jawab langsung mereka, atau hanya fokus pada pasien yang mereka tangani? Situasi ini menjadi semakin kompleks ketika tokoh masyarakat atau selebritas turut menyebarkan informasi kesehatan yang salah, sehingga memperkuat kepercayaan publik terhadap hoaks dibanding terhadap tenaga medis profesional.

Tantangan lainnya terletak pada penggunaan platform digital oleh profesional kesehatan itu sendiri. Dalam membagikan informasi di media sosial, mereka

wajib memastikan bahwa apa yang mereka sampaikan berbasis bukti ilmiah, tidak bersifat menyesatkan, serta tidak melanggar privasi pasien. Profesional yang tidak hati-hati dalam mengomunikasikan opini pribadi terkait kesehatan dapat secara tidak sengaja memperkuat misinformasi. Oleh karena itu, penting bagi mereka untuk memisahkan peran pribadi dan profesional, serta mematuhi kode etik dan pedoman komunikasi digital dari organisasi profesi mereka.

Selanjutnya, terdapat tantangan dalam menjaga kepercayaan publik terhadap institusi kesehatan. Masyarakat yang terpapar hoaks secara berulang bisa menjadi skeptis terhadap informasi resmi, bahkan menolak saran medis yang sah. Di sinilah etika profesi menuntut upaya proaktif dalam membangun literasi kesehatan publik melalui edukasi yang konsisten, empatik, dan mudah dipahami. Kerjasama antara tenaga medis, media, dan pemerintah sangat penting untuk mengatasi dampak etis dari disinformasi yang meluas dan menimbulkan kerugian bagi masyarakat luas.

Selain itu, tantangan etika profesi juga mencakup perlunya peningkatan kapasitas tenaga profesional dalam hal literasi digital. Banyak tenaga kesehatan yang belum sepenuhnya memahami cara kerja algoritma media sosial, pola penyebaran informasi viral, atau bagaimana memverifikasi sumber informasi secara cepat dan tepat. Kekurangan dalam literasi digital ini dapat menghambat mereka dalam merespons hoaks secara efektif, bahkan bisa membuat mereka ikut terjebak dalam pusaran disinformasi. Oleh karena itu, pelatihan etika digital dan komunikasi berbasis teknologi perlu menjadi bagian dari

pengembangan profesional berkelanjutan di bidang kesehatan.

Aspek lain yang tak kalah penting adalah tekanan psikologis dan emosional yang dihadapi oleh tenaga profesional akibat hoaks yang meluas. Ketika masyarakat mulai meragukan kredibilitas mereka, bahkan menyalahkan mereka atas kebijakan atau informasi medis yang sebenarnya telah disesuaikan dengan standar ilmiah, muncul kelelahan moral (*moral fatigue*) di kalangan tenaga kesehatan. Hal ini bisa berdampak pada kualitas pelayanan, semangat kerja, dan bahkan kesehatan mental mereka sendiri. Etika profesi dalam hal ini juga menuntut dukungan institusi, baik dalam bentuk perlindungan hukum, dukungan psikologis, maupun kebijakan komunikasi publik yang kuat.

Kemudian, tantangan etika juga mencakup potensi konflik kepentingan antara profesional kesehatan dengan industri farmasi, media, atau sponsor tertentu dalam penyampaian informasi kesehatan. Dalam kondisi seperti ini, ada risiko bahwa informasi yang disampaikan ke publik bisa dipengaruhi oleh kepentingan komersial tertentu. Profesional kesehatan harus mampu menjaga integritas dan transparansi dalam menyampaikan informasi, serta memastikan bahwa rekomendasi mereka murni berdasarkan pertimbangan ilmiah dan demi kepentingan terbaik pasien dan masyarakat.

Dari sudut pandang hukum dan regulasi, tantangan etika juga muncul akibat belum meratanya aturan yang mengatur penyebaran informasi kesehatan di ruang digital. Beberapa negara mungkin belum memiliki kerangka hukum yang tegas untuk menindak penyebar hoaks kesehatan, sehingga tanggung jawab untuk melawan

disinformasi lebih banyak dibebankan kepada tenaga kesehatan dan lembaga profesional. Hal ini menyebabkan beban etis yang tidak seimbang dan mengharuskan adanya advokasi bersama untuk mendorong perumusan regulasi yang lebih melindungi masyarakat sekaligus mendukung peran profesional secara adil.

Selain berbagai tantangan yang telah disebutkan, etika profesi di era disinformasi dan hoaks kesehatan juga dihadapkan pada persoalan identitas digital dan rekam jejak daring (digital footprint) para tenaga profesional. Apa yang disampaikan seorang profesional di media sosial, meskipun di luar konteks pekerjaan, tetap bisa mempengaruhi persepsi publik terhadap kredibilitas profesinya. Misalnya, jika seorang dokter menyukai atau membagikan konten yang bernuansa teori konspirasi atau tidak ilmiah, hal tersebut bisa menggerus kepercayaan publik terhadap institusi tempat ia bekerja. Maka dari itu, profesional kesehatan perlu bijak dalam menggunakan media sosial, menjaga konsistensi antara etika personal dan etika profesi, serta selalu berhati-hati dalam membangun identitas digital mereka.

Tantangan berikutnya adalah munculnya "infodemi" atau banjir informasi yang membuat masyarakat kesulitan membedakan mana informasi yang valid dan mana yang hoaks. Dalam situasi seperti ini, profesional kesehatan sering kali dituntut menjadi "kurator informasi", yakni memilah, menyaring, dan menyajikan informasi yang benar dalam bentuk yang mudah dipahami. Tugas ini memerlukan kemampuan komunikasi publik yang tidak diajarkan secara luas dalam pendidikan kesehatan formal. Oleh karena itu, pelatihan komunikasi risiko (*risk communication*) dan penyuluhan berbasis bukti sangat

dibutuhkan agar tenaga kesehatan dapat menjalankan peran ini secara efektif, tanpa kehilangan arah etis mereka.

Kemunculan tokoh-tokoh non-medis yang memosisikan diri sebagai "ahli kesehatan alternatif" juga menjadi tantangan etika yang serius. Mereka sering menggunakan platform media sosial untuk menyebarkan informasi kesehatan yang tidak berdasarkan ilmu pengetahuan, tetapi tetap dipercaya oleh sebagian masyarakat karena gaya penyampaiannya yang meyakinkan dan emosional. Para profesional kesehatan tidak hanya dituntut untuk menyanggah informasi palsu ini secara ilmiah, tetapi juga harus melakukannya dengan empati dan kehati-hatian agar tidak menimbulkan kesan menyerang atau merendahkan pihak lain. Etika dalam komunikasi publik menjadi kunci untuk tetap menjaga profesionalisme sembari melawan narasi yang menyesatkan.

Lebih jauh lagi, tanggung jawab etis tenaga kesehatan juga mencakup pelibatan aktif dalam pembuatan kebijakan publik yang berbasis data dan bukti ilmiah. Dalam konteks disinformasi, suara profesional kesehatan sangat penting dalam memberikan masukan terhadap regulasi media, edukasi masyarakat, dan strategi penanggulangan hoaks. Apabila profesional hanya bersikap pasif dan menyerahkan tanggung jawab tersebut kepada pemerintah atau media, maka potensi untuk melindungi masyarakat dari dampak buruk disinformasi menjadi berkurang. Etika profesi menuntut keterlibatan aktif dalam menjaga kepentingan publik melalui advokasi kebijakan yang sehat dan berkelanjutan.

Akhirnya, tantangan etika profesi di era disinformasi dan hoaks kesehatan menunjukkan bahwa profesionalisme

di bidang kesehatan kini tidak lagi cukup hanya dengan menguasai pengetahuan klinis. Diperlukan sinergi antara etika, komunikasi, literasi digital, dan kesadaran sosial untuk menghadapi era informasi yang kompleks ini. Peran tenaga kesehatan harus meluas sebagai pendidik, komunikator, serta penjaga integritas publik. Dengan begitu, kepercayaan masyarakat terhadap profesi kesehatan tetap terjaga, dan risiko kerusakan akibat hoaks dapat diminimalkan secara etis dan profesional.

F. Reorientasi Pendidikan Farmasi Menuju Profesi Berbasis Etika dan Pelayanan

Reorientasi pendidikan farmasi menuju profesi berbasis etika dan pelayanan merupakan langkah strategis yang sangat penting dalam menjawab tuntutan perkembangan ilmu kesehatan dan kebutuhan masyarakat akan layanan farmasi yang berkualitas. Pendidikan farmasi yang sebelumnya lebih banyak berfokus pada aspek teknis dan ilmu dasar kini mulai diarahkan untuk membentuk lulusan yang tidak hanya kompeten secara akademik, tetapi juga memiliki integritas moral serta komitmen pelayanan kepada pasien. Hal ini mencerminkan pergeseran paradigma dari sekadar penyedia obat menjadi mitra kesehatan masyarakat yang aktif berperan dalam proses penyembuhan dan peningkatan kualitas hidup pasien.

Dalam konteks ini, kurikulum pendidikan farmasi harus didesain ulang agar mampu mengintegrasikan mata kuliah etika profesi, komunikasi interpersonal, serta keterampilan pelayanan pasien secara mendalam. Etika profesi farmasi menjadi fondasi utama untuk membentuk sikap profesional yang jujur, bertanggung jawab, dan menjunjung tinggi hak-hak pasien. Di samping itu,

penguatan soft skills seperti empati, kemampuan mendengarkan, serta pengambilan keputusan yang berlandaskan prinsip moral menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari pembentukan karakter calon apoteker yang ideal. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak hanya bersifat kognitif tetapi juga afektif dan psikomotorik.

Reorientasi ini juga menuntut adanya keterlibatan aktif institusi pendidikan tinggi dalam menjalin kerja sama dengan rumah sakit, apotek, dan lembaga pelayanan kesehatan lainnya untuk menyediakan lingkungan belajar yang nyata dan kontekstual. Melalui praktik lapangan yang terstruktur dan diawasi, mahasiswa farmasi akan terbiasa menghadapi situasi klinis secara langsung dan belajar menempatkan pasien sebagai pusat pelayanan. Interaksi langsung dengan pasien akan melatih mahasiswa untuk memahami kebutuhan individual pasien, memberikan informasi yang jelas dan benar tentang penggunaan obat, serta memastikan kepatuhan pasien terhadap terapi yang dijalankan.

Lebih lanjut, profesionalisme dalam bidang farmasi tidak hanya ditentukan oleh kemampuan akademis, tetapi juga oleh sikap etis dalam menjalankan tanggung jawab. Oleh karena itu, pendidikan farmasi yang berorientasi pada etika dan pelayanan harus terus dikawal oleh sistem evaluasi yang mengedepankan pembentukan karakter dan penilaian sikap. Ujian kompetensi, observasi kinerja di lapangan, hingga refleksi diri menjadi alat penting dalam menilai kesiapan mahasiswa untuk terjun ke dunia profesi yang sesungguhnya. Dengan demikian, lulusan farmasi yang dihasilkan tidak hanya memenuhi standar keilmuan, tetapi juga standar moral yang dibutuhkan dalam praktik sehari-hari.

Transformasi pendidikan farmasi menuju profesi berbasis etika dan pelayanan juga harus didukung oleh dosen dan tenaga pendidik yang memiliki wawasan luas, pengalaman praktik, serta pemahaman mendalam tentang nilai-nilai etika profesi. Dosen tidak hanya berperan sebagai pengajar, tetapi juga sebagai role model dalam menerapkan prinsip moral dan etika dalam interaksi akademik maupun klinis. Dengan memberikan teladan nyata dalam kejujuran, tanggung jawab, serta penghormatan terhadap hak pasien dan kolega, para dosen akan menanamkan nilai-nilai tersebut ke dalam diri mahasiswa secara lebih efektif dan mendalam. Maka dari itu, pelatihan dan pengembangan kapasitas dosen juga menjadi bagian integral dari upaya reorientasi ini.

Selain itu, penguatan budaya akademik yang mendukung sikap profesional dan etis juga perlu dibangun dalam lingkungan kampus. Mahasiswa farmasi harus didorong untuk aktif dalam kegiatan organisasi profesi, diskusi etika, dan keterlibatan sosial yang berorientasi pada pelayanan masyarakat. Melalui kegiatan tersebut, mahasiswa akan belajar mengenai pentingnya kolaborasi, kepekaan sosial, serta tanggung jawab kolektif dalam dunia kerja. Kampus tidak hanya menjadi tempat belajar teori dan praktik, tetapi juga laboratorium moral yang membentuk sikap dan kepribadian sebagai calon tenaga kesehatan yang bermartabat dan memiliki empati tinggi terhadap sesama.

Lebih jauh lagi, tantangan global seperti perkembangan teknologi farmasi, isu resistensi antibiotik, penggunaan obat secara rasional, hingga penyebaran informasi kesehatan yang belum terverifikasi menuntut lulusan farmasi untuk memiliki daya kritis dan tanggung

jawab sosial yang tinggi. Oleh karena itu, pendidikan farmasi yang berorientasi pada pelayanan dan etika harus membekali mahasiswa dengan kemampuan berpikir kritis, literasi digital, dan pemahaman terhadap konteks sosial-budaya pasien. Lulusan farmasi diharapkan tidak hanya menjadi pelaksana, tetapi juga penggerak perubahan positif dalam dunia kesehatan melalui edukasi, advokasi, dan inovasi berbasis nilai-nilai kemanusiaan.

Tidak kalah penting, regulasi dan kebijakan pendidikan tinggi farmasi juga harus mendukung arah perubahan ini. Badan akreditasi, asosiasi profesi, dan pemerintah harus bersinergi dalam menetapkan standar pendidikan yang menekankan integrasi antara kompetensi teknis, etika profesi, dan kemampuan pelayanan pasien. Evaluasi berkala terhadap kurikulum, sistem pembelajaran, dan hasil lulusan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa orientasi pada etika dan pelayanan benar-benar diterapkan secara konsisten. Kebijakan ini akan memastikan kesinambungan antara pendidikan, praktik profesi, dan ekspektasi masyarakat terhadap layanan farmasi yang manusiawi dan profesional.

Dengan demikian, reorientasi pendidikan farmasi bukan sekadar perubahan kurikulum, tetapi sebuah gerakan menyeluruh untuk menyiapkan tenaga farmasi masa depan yang mampu menjawab tantangan zaman dengan kecerdasan, kepekaan, dan kejujuran. Melalui pendekatan yang holistik ini, profesi farmasi akan terus berkembang menjadi garda depan dalam sistem pelayanan kesehatan, berlandaskan nilai-nilai etika, kepedulian, dan profesionalisme sejati. Harapannya, kehadiran apoteker dalam setiap lini pelayanan kesehatan akan semakin dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, serta

meningkatkan kepercayaan publik terhadap profesi farmasi secara keseluruhan.

Sebagai bagian dari sistem pelayanan kesehatan, apoteker juga memiliki peran strategis dalam menjembatani hubungan antara dokter dan pasien. Dalam hal ini, pendidikan farmasi yang berorientasi pada etika dan pelayanan harus mampu mencetak apoteker yang memahami pentingnya komunikasi lintas profesi yang efektif dan saling menghormati. Apoteker harus dapat menyampaikan informasi mengenai obat, efek samping, dan alternatif terapi secara jelas kepada pasien, sekaligus dapat berkoordinasi dengan tenaga medis lain dalam menentukan terapi terbaik. Kemampuan ini tidak hanya bersumber dari ilmu pengetahuan farmasi semata, melainkan juga dari pelatihan etika komunikasi dan kerja sama tim yang terus-menerus diasah selama masa pendidikan.

Reorientasi pendidikan farmasi juga perlu memperhatikan isu-isu lokal dan global terkait akses terhadap obat dan keadilan dalam pelayanan kesehatan. Mahasiswa farmasi harus dibekali dengan pemahaman bahwa profesi mereka tidak hanya melayani individu yang datang ke apotek atau rumah sakit, tetapi juga berperan dalam memastikan masyarakat luas, termasuk kelompok rentan dan kurang mampu, dapat mengakses obat yang aman, bermutu, dan terjangkau. Dalam konteks ini, nilai-nilai etika seperti keadilan sosial, solidaritas, dan tanggung jawab publik menjadi bagian penting dalam pendidikan farmasi. Dengan demikian, lulusan farmasi akan tumbuh sebagai profesional yang tidak hanya bekerja demi keuntungan pribadi, tetapi juga memiliki komitmen terhadap misi kemanusiaan.

Tak kalah penting, pemanfaatan teknologi digital dalam pendidikan farmasi juga perlu diarahkan untuk mendukung penguatan nilai-nilai etika dan pelayanan. Misalnya, penggunaan sistem simulasi interaktif, e-learning berbasis studi kasus etika, serta platform konsultasi digital yang dilatih untuk mengasah empati dan komunikasi pasien secara daring. Teknologi tidak boleh menjauhkan tenaga farmasi dari sisi kemanusiaan profesinya. Sebaliknya, teknologi harus menjadi alat bantu untuk memperluas jangkauan layanan sekaligus memperdalam pemahaman mahasiswa terhadap peran sosial dan moral mereka sebagai apoteker.

Keseluruhan proses reorientasi ini akan lebih efektif jika melibatkan seluruh pemangku kepentingan, termasuk mahasiswa, dosen, institusi pendidikan, asosiasi profesi, praktisi farmasi, serta pengguna layanan farmasi itu sendiri. Melalui dialog terbuka dan partisipasi aktif, setiap unsur akan memiliki pemahaman yang sama mengenai tujuan utama pendidikan farmasi, yakni menghasilkan apoteker yang tidak hanya unggul secara intelektual, tetapi juga memiliki komitmen tinggi terhadap etika dan pelayanan. Budaya reflektif, saling menghargai, dan pembelajaran sepanjang hayat perlu dibangun sejak dini sebagai pondasi karakter profesional farmasis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abood, R. R., & Burns, K. A. (2006). *Pharmacy Ethics: A Foundation for Professional Practice*. American Pharmacists Association.
- Allred, D. P., & Barber, N. (2012). *Patient-Centered Pharmaceutical Care*. Routledge.
- Allen, L. V., Popovich, N. G., & Ansel, H. C. (2013). *Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems* (10th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Anderson, C., & Bates, I. (2010). *Pharmacy Education: What Matters in Learning and Teaching*. Pharmaceutical Press.
- Anderson, S. (2005). *Making Medicines: A Brief History of Pharmacy and Pharmaceuticals*. Pharmaceutical Press.
- Austin, Z., & Gregory, P. (2008). *Professionalism in Pharmacy: A Conceptual Framework*. Canadian Pharmacists Journal.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2013). *Principles of Biomedical Ethics* (7th ed.). Oxford University Press.
- Bissell, P., & Traulsen, J. M. (2005). *Sociological Perspectives on the Pharmacy Profession*. Pharmacy World & Science.
- Buerki, R. A., & Vottero, L. D. (2002). *Ethical Responsibility in Pharmacy Practice*. American Institute of the History of Pharmacy.
- Cavaco, A. M. (2017). *Pharmaceutical Care in Digital Revolution Era*. Springer.
- Chisholm-Burns, M. A., & Gaither, C. A. (2010). *Pharmacy Practice and the Health Care System*. Jones & Bartlett Learning.

- Chisholm-Burns, M. A., Schwinghammer, T. L., Wells, B. G., Malone, P. M., & Kolesar, J. M. (2016). *Pharmacotherapy Principles and Practice* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Cottrell, R. R., & McKenzie, J. F. (2011). *Health Promotion & Education Research Methods: Using the Five Chapter Thesis/Dissertation Model* (2nd ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Desselle, S. P., Zgarrick, D. P., & Alston, G. L. (2012). *Pharmacy Management: Essentials for All Practice Settings* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Duerden, M., Avery, T., & Payne, R. (2013). *Polypharmacy and Medicines Optimisation: Making it Safe and Sound*. The King's Fund.
- Felton, L. A. (2020). *Remington: Essentials of Pharmaceutics*. Pharmaceutical Press.
- Fink, J. L. (2012). *Pharmacy Law Digest* (35th ed.). LexiComp.
- Foppe van Mil, J. W., & Schulz, M. (2013). *The Role of the Pharmacist in Public Health*. Elsevier.
- Ghilzai, N. M. K., & Schwinghammer, T. L. (2011). *Pharmacy Practice and the Law* (7th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Ginsburg, D. B. (2008). *Developing Pharmacy Leaders: Contemporary Practice and Future Vision*. ASHP Publications.
- Goundrey-Smith, S. (2013). *Technology, Change and the Pharmacist's Role: A Guide for Pharmacists and Healthcare Professionals*. CRC Press.
- Griffin, J. P. (2003). *The Textbook of Pharmaceutical Medicine*. Wiley-Blackwell.

- Hepler, C. D., & Strand, L. M. (1990). *Opportunities and Responsibilities in Pharmaceutical Care*. American Journal of Hospital Pharmacy.
- Hughes, C. M., McElnay, J. C., & Fleming, G. F. (2001). *Benefits and Risks of Self-Medication*. Drug Safety.
- Jones, R. M. (2010). *Pharmaceutical Marketing: Principles, Environment and Practice*. Pharmaceutical Press.
- Kearney, K. R. (2008). *Pharmaceutical Care: Practice and Ethics*. ASHP.
- Koda-Kimble, M. A., et al. (2012). *Applied Therapeutics: The Clinical Use of Drugs* (10th ed.). Wolters Kluwer Health.
- Kradjan, W. A., Gabay, M. P., & Fink, J. L. (2019). *Introduction to Clinical Pharmacology*. Elsevier.
- Mansfield, R. J. (2009). *Ethics in Health Administration: A Practical Approach for Decision Makers*. Jones & Bartlett.
- Mertz, M. (2016). *Ethics in Pharmacy Practice*. Springer.
- Pont, T. C., & Harding, A. (2017). *Ethics and Professionalism in Pharmacy Practice*. CRC Press.
- Rantucci, M. J. (2007). *Pharmacy Patient Communication: A Guide for Patient Counseling*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Ray, S. D. (2012). *Pharmacovigilance and Risk Management in Pharmacy*. Wiley-Blackwell.
- Rees, J. A., & Smith, I. (2015). *Introduction to Pharmacy Practice* (2nd ed.). Pharmaceutical Press.
- Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2020). *Rang & Dale's Pharmacology* (9th ed.). Elsevier.
- Rouse, M. J. (2003). *Competency Standards for Pharmacy Practice*. International Pharmaceutical Federation (FIP).

- Seston, E., & Hassell, K. (2012). *Workforce Issues in Pharmacy*. CRC Press.
- Shane, R. (2006). *Advancing Pharmacy Practice*. ASHP.
- Singh, H., & Booth, A. (2012). *Ethical Issues in Pharmacy Practice*. Lambert Academic Publishing.
- Smith, M. C., & Wertheimer, A. I. (2011). *Pharmacy Practice*. McGraw-Hill Medical.
- Stanfield, P. S. (2012). *Essentials of Pharmacology for Health Professions* (7th ed.). Cengage Learning.
- Thompson, D. F. (2007). *Understanding Pharmacy Ethics*. Pharmaceutical Press.
- Veatch, R. M., Haddad, A. M., & English, D. C. (2010). *Case Studies in Pharmacy Ethics* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Wertheimer, A. I., & Santella, T. M. (2005). *Pharmacy Ethics and Decision Making*. CRC Press.
- Winfield, A. J., & Richards, R. M. E. (2013). *Pharmaceutical Practice* (5th ed.). Churchill Livingstone Elsevier.
- Zeind, C. S., & Carvalho, M. G. (2019). *Pharmacists Beyond the Dispensary*. Jones & Bartlett Learning.
- Zilz, D. A. (2015). *Leadership and Advocacy for Pharmacy*. American Society of Health-System Pharmacists.

BAB 3

FARMAKOLOGI DASAR: KONSEP DAN MEKANISME OBAT DALAM TUBUH

Oleh apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si.

A. Pendahuluan

1. Definisi dan Ruang Lingkup

Farmakologi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara obat dan tubuh, serta efek yang ditimbulkan oleh obat-obatan tersebut. Secara etimologis, istilah "farmakologi" berasal dari bahasa Yunani, yaitu "pharmakon" yang berarti obat dan "logos" yang berarti ilmu. Ruang lingkup farmakologi mencakup berbagai aspek, mulai dari mekanisme aksi obat, efek terapeutik, efek samping, hingga interaksi antar obat. Farmakologi dibagi menjadi dua cabang utama: farmakodinamika, yang mempelajari efek obat pada tubuh, dan farmakokinetika, yang mempelajari bagaimana tubuh memproses obat. Pemahaman yang mendalam tentang kedua aspek ini sangat penting dalam pengembangan terapi yang efektif dan aman bagi pasien (Goodman & Gilman, 2017).

Farmakologi berperan penting dalam pengobatan berbagai penyakit. Data dari *World Health Organization* (WHO) menunjukkan bahwa penggunaan obat yang tepat dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dan mengurangi angka kematian akibat penyakit yang dapat diobati, seperti infeksi dan penyakit kronis. Selain itu, farmakologi juga

berkontribusi dalam pengembangan obat baru melalui penelitian dan pengujian klinis, yang merupakan bagian integral dari proses pengobatan modern (WHO, 2020).

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, farmakologi juga mengalami perkembangan. Misalnya, dengan adanya teknologi rekayasa genetika, kini kita dapat mengembangkan obat yang lebih spesifik dan efektif, seperti terapi gen dan obat biologis. Hal ini menunjukkan bahwa farmakologi tidak hanya berkaitan dengan produksi obat-obatan konvensional, tetapi juga mencakup inovasi dalam pengobatan yang berbasis pada teknologi serta pemahaman yang lebih baik tentang aspek biologi manusia (Buchanan et al., 2019).

2. Sejarah Singkat Farmakologi

Sejarah farmakologi dimulai pada peradaban kuno, di mana manusia telah menggunakan berbagai bahan alami untuk mengobati penyakit. Dalam teks kuno seperti Ebers Papyrus dari Mesir (sekitar 1550 SM), terdapat catatan tentang penggunaan tanaman obat seperti opium dan aloe vera. Kemudian pada abad ke-19, farmakologi mulai berkembang sebagai disiplin ilmu yang terpisah, sehingga penemuan metode ilmiah memungkinkan penelitian lebih mendalam tentang efek obat. Penemuan morfin dari opium oleh Friedrich Sertürner pada tahun 1805 adalah salah satu tonggak penting dalam sejarah perkembangan farmakologi (Hoffman, 2015).

Perkembangan lebih lanjut yaitu penemuan antibiotik, seperti penisilin oleh Alexander Fleming pada tahun 1928, untuk pengobatan infeksi. Selanjutnya pengembangan obat-obatan sintesis dan metode pengujian yang lebih baik memungkinkan penemuan obat-obatan

baru yang lebih efektif dan aman. Menurut laporan dari *National Institutes of Health* (NIH), lebih dari 1.500 obat baru telah disetujui digunakan untuk pengobatan selama dekade terakhir, menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam penelitian farmakologi (NIH, 2021).

Dalam konteks modern, farmakologi tidak hanya terbatas pada pengembangan obat, tetapi juga mencakup aspek etika dan regulasi. Badan pengawas obat dan Makanan (BPOM) seperti juga *Food and Drug Administration* (FDA) di Amerika Serikat, memiliki peran penting dalam memastikan keamanan dan efektivitas obat sebelum disetujui untuk digunakan oleh masyarakat. Dengan demikian, sejarah farmakologi mencerminkan perjalanan panjang yang melibatkan penemuan, inovasi, dan tanggung jawab sosial dalam pengembangan obat (FDA, 2022).

3. Peran Farmakologi dalam Praktik Klinis

Farmakologi memiliki peran yang sangat penting dalam praktik klinis, terutama dalam pengelolaan terapi pasien. Dokter dan tenaga kesehatan lainnya harus memahami prinsip-prinsip farmakologi untuk meresepkan obat dengan tepat, termasuk dosis, frekuensi, dan durasi pengobatan. Penelitian menunjukkan bahwa kesalahan dalam pengobatan, yang sering kali disebabkan oleh kurangnya pemahaman tentang farmakologi, dapat menyebabkan efek samping yang serius dan bahkan kematian. Oleh karena itu, pendidikan dan pelatihan dalam farmakologi sangat penting bagi tenaga kesehatan (Bates et al., 1995).

Farmakologi juga berperan dalam pengembangan pedoman pengobatan berbasis bukti. Organisasi kesehatan

dunia dan lembaga penelitian sering kali melakukan studi untuk mengevaluasi efektivitas dan keamanan obat dalam populasi tertentu. Misalnya, penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal "*The Lancet*" menunjukkan bahwa penggunaan statin dapat mengurangi risiko penyakit kardiovaskular pada pasien dengan riwayat penyakit jantung. Contoh temuan ini menjadi dasar bagi pengembangan pedoman klinis yang digunakan oleh dokter dalam meresepkan obat untuk pasien (Collins et al., 2016).

Farmakologi selanjutnya berperan dalam pengelolaan efek samping dan interaksi obat. Setiap obat memiliki profil efek samping yang perlu diketahui oleh tenaga kesehatan agar dapat memberikan informasi yang tepat kepada pasien. Menurut data dari American Journal of Health-System Pharmacy, sekitar 10-20% pasien mengalami efek samping yang serius akibat interaksi obat. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang farmakologi sangat penting untuk meminimalkan risiko tersebut dan meningkatkan keselamatan pasien (Hernandez et al., 2017).

B. Farmakokinetika

1. Absorpsi Obat

Absorpsi obat adalah proses di mana obat setelah diberikan masuk ke dalam sirkulasi sistemik. Proses ini sangat penting karena menentukan seberapa cepat dan seberapa banyak obat yang tersedia untuk memberikan efek pada tubuh. Faktor-faktor yang mempengaruhi absorpsi obat meliputi bentuk sediaan, rute administrasi, dan sifat fisikokimia obat. Misalnya, obat yang diberikan secara intravena akan langsung masuk ke dalam sirkulasi darah, sedangkan obat yang diberikan secara oral harus melalui saluran pencernaan diabsorpsi terlebih dahulu, sehingga

dapat mempengaruhi kecepatan dan jumlah obat yang diserap (Holford & Sheiner, 1981).

Salah satu contoh yang relevan adalah penggunaan obat analgesik seperti paracetamol. Ketika diberikan secara oral, paracetamol mengalami absorpsi yang bervariasi tergantung pada kehadiran makanan dalam lambung. Penelitian menunjukkan bahwa absorpsi paracetamol dapat meningkat hingga 50% ketika diberikan dalam keadaan perut kosong dibandingkan dengan saat dikonsumsi setelah makan (Davis et al., 2020).

Sifat kimia obat seperti lipofilisitas dan ionisasi juga berperan penting dalam proses absorpsi. Obat yang lipofilik cenderung lebih mudah menembus membran sel, sedangkan obat yang bersifat ionik mungkin memerlukan pengangkutan khusus untuk dapat diserap. Data menunjukkan bahwa sekitar 90% obat yang dikembangkan adalah bersifat lipofilik, yang membuktikan obat tersebut cepat memasuki sirkulasi sistemik (Baker et al., 2018).

Proses absorpsi juga dipengaruhi oleh pH lingkungan. Misalnya, obat-obatan yang bersifat asam lebih mudah diserap di lambung yang memiliki pH rendah, sementara obat yang bersifat basa lebih baik diserap di usus halus yang memiliki pH lebih tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan pH dapat mempengaruhi bioavailabilitas obat hingga 30% (Meyer et al., 2021).

2. Distribusi Obat

Distribusi obat adalah proses di mana obat dibawa ke jaringan dan organ setelah diserap ke dalam sirkulasi sistemik. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu aliran darah ke jaringan, kemampuan obat untuk menembus membran sel, dan ikatan obat dengan protein

plasma. Sebagian besar obat berikatan dengan protein plasma seperti albumin, yang dapat mempengaruhi ketersediaan biologis dan efektivitas obat (Brouwer et al., 2015).

Salah satu contoh dari distribusi obat adalah penggunaan obat antikoagulan seperti warfarin. Warfarin memiliki ikatan protein plasma yang tinggi, sekitar 99%, yang berarti bahwa hanya 1% dari obat yang tersedia dalam bentuk bebas untuk berinteraksi dengan targetnya. Hal ini menunjukkan pentingnya memantau kadar warfarin dalam darah untuk mencegah komplikasi seperti perdarahan atau trombosis (Baker et al., 2017).

Distribusi obat juga dipengaruhi oleh sifat fisikokimia obat, seperti ukuran molekul dan kelarutan. Obat yang memiliki ukuran molekul kecil dan lipofilik cenderung lebih mudah menembus membran sel dan mencapai jaringan target. Sebaliknya, obat ukuran lebih besar dan bersifat polar mungkin terjebak dalam sirkulasi darah atau tidak dapat mencapai jaringan yang diinginkan. Penelitian menunjukkan bahwa ukuran molekul dapat mempengaruhi distribusi obat hingga 40% (Davis et al., 2020).

Distribusi obat dalam tubuh dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis, seperti usia, berat badan, dan kondisi kesehatan secara umum. Sebagai contoh, pada pasien lanjut usia (lansia), terjadi perubahan dalam komposisi tubuh, seperti penurunan massa otot, peningkatan proporsi lemak tubuh, serta penurunan fungsi organ seperti hati dan ginjal. Perubahan-perubahan ini dapat memengaruhi cara obat tersebar ke jaringan tubuh, akan berdampak pada efektivitas dan keamanan terapi obat. Sehingga memerlukan penyesuaian dosis (Meyer et al., 2021).

3. Metabolisme (Biotransformasi)

Metabolisme obat, atau biotransformasi, adalah proses di mana obat diubah menjadi bentuk yang lebih mudah diekskresi oleh tubuh. Proses ini biasanya terjadi di hati dan melibatkan enzim tertentu yang mengubah struktur kimia obat, sehingga mempengaruhi aktivitas dan durasi efeknya. Metabolisme dapat dibedakan menjadi dua fase: fase I (reaksi pengenalan) dan fase II (reaksi konjugasi) (Wilkinson & Shand, 1975).

Sebagai contoh, obat seperti diazepam mengalami metabolisme fase I melalui oksidasi yang dikatalisis oleh enzim sitokrom P450, diikuti oleh konjugasi dalam fase II. Penelitian menunjukkan bahwa variasi genetik dalam enzim ini dapat mempengaruhi metabolisme diazepam, yang berpotensi menyebabkan perbedaan respons terapeutik di antara individu (López-Fernández et al., 2018).

Faktor-faktor yang mempengaruhi metabolisme obat termasuk usia, status gizi, dan adanya penyakit hati. Penelitian menunjukkan bahwa pasien dengan penyakit hati dapat mengalami penurunan kemampuan metabolisme obat, yang dapat menyebabkan akumulasi obat dan risiko efek samping yang lebih tinggi (Boyd et al., 2019).

Interaksi obat juga dapat mempengaruhi metabolisme. Misalnya, penggunaan obat yang menginduksi enzim P450 dapat meningkatkan metabolisme obat lain yang juga dimetabolisme oleh enzim yang sama, sehingga mengurangi efektivitasnya. Sebaliknya, obat yang menghambat enzim ini dapat menyebabkan peningkatan kadar obat dalam sirkulasi, yang berpotensi berbahaya (Hernández et al., 2020).

4. Ekskresi Obat

Ekskresi obat adalah proses di mana obat dan metabolitnya dikeluarkan dari tubuh, biasanya melalui ginjal, tetapi juga dapat melalui hati, paru-paru, dan kelenjar keringat. Proses ini penting untuk menghilangkan obat dari sirkulasi dan mencegah akumulasi dalam tubuh yang dapat menyebabkan toksisitas. Ekskresi ginjal melibatkan filtrasi glomerulus, sekresi tubulus, dan reabsorpsi, yang semuanya mempengaruhi jumlah obat yang diekskresikan (Baker et al., 2016).

Sebagai contoh, obat diuretik seperti furosemid diekskresikan terutama melalui ginjal. Penelitian menunjukkan bahwa fungsi ginjal yang menurun dapat menyebabkan peningkatan kadar furosemid dalam darah, yang berpotensi meningkatkan risiko efek samping seperti dehidrasi dan hipokalemia (Meyer et al., 2020). Oleh karena itu, penting untuk memonitor fungsi ginjal pada pasien yang menerima terapi diuretik.

Ekskresi juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pH urin dan aliran urin. Misalnya, perubahan pH urin dapat mempengaruhi ionisasi obat, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi reabsorpsi dan ekskresi. Penelitian menunjukkan bahwa penyesuaian pH urin dapat meningkatkan ekskresi obat tertentu hingga 50% (Davis et al., 2021).

Termasuk juga interaksi obat juga dapat mempengaruhi ekskresi. Obat yang mempengaruhi aliran darah ginjal atau fungsi tubulus dapat mengubah ekskresi obat lain. Sebagai contoh, penggunaan NSAID dapat mengurangi aliran darah ginjal dan mempengaruhi

ekskresi obat yang dimetabolisme oleh ginjal (Hernández et al., 2019).

5. Faktor yang Mempengaruhi Farmakokinetik

Faktor-faktor yang mempengaruhi farmakokinetika obat sangat beragam dan dapat dibagi menjadi faktor fisiologis, genetik, dan lingkungan. Faktor fisiologis termasuk usia, jenis kelamin, berat badan, dan kondisi kesehatan yang ada. Misalnya, penelitian menunjukkan bahwa pasien lansia sering mengalami perubahan dalam farmakokinetika obat, termasuk penurunan fungsi ginjal dan metabolisme, yang dapat mempengaruhi dosis yang diperlukan (Meyer et al., 2021).

Faktor genetik juga memainkan peran penting. Variasi genetik dalam enzim metabolisme dapat menyebabkan perbedaan dalam cara individu memetabolisme obat. Contohnya, variasi genetik dalam enzim CYP2D6 dapat mempengaruhi metabolisme obat antidepresan dan analgesik, yang mengakibatkan respons yang bervariasi di antara individu (López-Fernández et al., 2018).

Lingkungan juga dapat mempengaruhi farmakokinetika. Paparan terhadap zat-zat tertentu, seperti alkohol atau obat-obatan lain, dapat mengubah metabolisme obat. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan alkohol dapat meningkatkan metabolisme obat tertentu, sementara obat lain dapat menghambat enzim yang terlibat dalam metabolisme, menyebabkan akumulasi obat dalam tubuh (Davis et al., 2020).

Pola makan dan nutrisi juga dapat memengaruhi farmakokinetika obat. Misalnya, diet tinggi lemak dapat meningkatkan absorpsi obat yang bersifat lipofilik karena lemak memperlambat pengosongan lambung dan

merangsang produksi empedu, yang membantu melarutkan obat lipofilik. Sebaliknya, diet rendah protein dapat mengurangi kadar albumin plasma, sehingga mengganggu ikatan obat dengan protein plasma. Akibatnya, fraksi obat bebas dalam sirkulasi dapat meningkat, yang dapat memperkuat efek farmakologis atau bahkan menimbulkan toksisitas. Selain itu, defisiensi mikronutrien tertentu, seperti vitamin atau mineral, juga dapat memengaruhi enzim-enzim metabolisme obat di hati, sehingga berdampak pada kecepatan eliminasi obat dari tubuh. (Baker et al., 2017).

C. Farmakodinamika

1. Interaksi Obat dengan Reseptor

Farmakodinamika adalah cabang farmakologi yang mempelajari interaksi antara obat dan reseptor dalam tubuh. Reseptor adalah protein yang terletak di permukaan sel atau di dalam sel yang berfungsi sebagai tempat pengikatan molekul obat. Ketika obat berikatan dengan reseptor, ia dapat memicu serangkaian reaksi biokimia yang menghasilkan efek terapeutik. Menurut penelitian lebih dari 60% obat yang ada di pasaran saat ini bekerja dengan cara mengikat reseptor spesifik, baik itu reseptor yang terikat pada membran sel maupun yang berada di dalam sel (Zhang et al., 2020).

Mekanisme pengikatan antara obat dan reseptor dapat dibagi menjadi dua yaitu: agonis dan antagonis. Agonis adalah zat yang dapat mengaktifkan reseptor dan menghasilkan respons biologis, sedangkan antagonis adalah zat yang menghalangi pengikatan obat pada reseptor, sehingga mengurangi atau menghambat respons biologis. Sebagai contoh, morfin berfungsi sebagai agonis

pada reseptor opioid, yang membantu mengurangi rasa sakit, sedangkan nalokson berfungsi sebagai antagonis pada reseptor yang sama untuk mengatasi overdosis opioid (Miller, 2019).

Interaksi obat dengan reseptor juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti afinitas dan efikasi. Afinitas mengacu pada kekuatan pengikatan antara obat dan reseptor, sedangkan efikasi mengacu pada kemampuan obat untuk memicu respons biologis setelah berikatan dengan reseptor. Penelitian menunjukkan bahwa obat dengan afinitas tinggi dan efikasi tinggi cenderung memberikan efek terapeutik yang lebih kuat. Sehingga pemahaman yang mendalam mengenai interaksi ini sangat penting dalam pengembangan obat baru (Bergström et al., 2021).

Variasi genetik individu juga dapat mempengaruhi interaksi obat dengan reseptor. Genotipe tertentu dapat menentukan bagaimana seseorang merespons obat tertentu, yang dapat menjelaskan mengapa beberapa pasien mengalami efek samping yang parah. Studi menunjukkan bahwa variasi genetik dalam reseptor beta-adrenergik dapat mempengaruhi respons terhadap obat antihipertensi, yang menunjukkan pentingnya pendekatan personalisasi dalam pengobatan (Wang et al., 2018).

2. Mekanisme Aksi Molekuler

Mekanisme aksi molekuler obat merujuk pada proses biokimia yang terjadi setelah obat berikatan dengan reseptor. Proses ini melibatkan perubahan konformasi protein, aktivasi jalur sinyal, dan respons seluler yang diinginkan. Sebagai contoh, obat yang digunakan untuk mengobati diabetes tipe 2, seperti metformin, bekerja

dengan meningkatkan sensitivitas sel terhadap insulin dan mengurangi produksi glukosa di hati. Mekanisme ini melibatkan serangkaian reaksi enzimatik yang kompleks dan interaksi dengan berbagai protein dalam sel (DeFronzo, 2015).

Dalam konteks farmakodinamika, penting untuk memahami bahwa mekanisme aksi molekuler dapat bervariasi tergantung pada jenis obat dan target biologisnya. Obat-obatan yang bekerja pada sistem saraf pusat, seperti antidepresan, dapat memodulasi neurotransmitter, sedangkan obat-obatan antiinflamasi nonsteroid (NSAID) bekerja dengan menghambat enzim siklooksigenase (COX) yang terlibat dalam sintesis prostaglandin. Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa obat dapat mempengaruhi beberapa jalur sinyal secara bersamaan, yang dikenal sebagai polifarmasi. Hal ini menjadi penting dalam pengobatan penyakit kronis yang sering memerlukan kombinasi terapi. Misalnya, pengobatan hipertensi sering melibatkan penggunaan beberapa obat dengan mekanisme aksi yang berbeda untuk mencapai kontrol tekanan darah yang optimal (Kearney et al., 2005).

Mekanisme aksi molekuler juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan genetik. Sebagai contoh, interaksi obat dengan makanan atau zat lain dalam tubuh dapat memengaruhi bioavailabilitas dan efektivitas obat. Penelitian oleh Horne et al. (2018) menunjukkan bahwa konsumsi grapefruit dapat mempengaruhi metabolisme obat tertentu, yang dapat menyebabkan peningkatan kadar obat dalam darah dan potensi toksisitas (Horne et al., 2018).

3. Efek Terapeutik vs Toksik

Penerapan ilmu farmakologi, penting untuk membedakan antara efek terapeutik dan efek toksik dari obat. Efek terapeutik adalah respons positif yang diinginkan dari penggunaan obat, sedangkan efek toksik adalah respons merugikan yang dapat terjadi akibat overdosis atau reaksi tidak diinginkan. Menurut data dari *World Health Organization* (WHO), efek samping obat dapat terjadi pada sekitar 10% hingga 30% pasien yang menerima terapi obat, tergantung pada jenis obat dan populasi yang diteliti (WHO, 2021).

Sebagai contoh perbedaan antara efek terapeutik dan toksik dapat dilihat pada penggunaan obat kemoterapi. Obat-obatan seperti doxorubicin memiliki efek terapeutik yang kuat dalam membunuh sel kanker, tetapi dapat menyebabkan efek toksik pada sel-sel sehat, termasuk sel-sel jantung, yang dapat mengakibatkan kardiotoxikitas. Sehingga pemantauan yang ketat dan pengelolaan efek samping obat sangat penting dalam terapi kanker (Cardinale et al., 2015).

Indeks terapeutik adalah rasio antara dosis yang diperlukan untuk mencapai efek terapeutik dengan dosis yang dapat menyebabkan efek toksik. Obat dengan indeks terapeutik yang tinggi, seperti penicillin, memiliki spektrum keamanan yang lebih besar, sedangkan obat dengan indeks terapeutik yang rendah, seperti warfarin, memerlukan pemantauan dosis yang ketat untuk menghindari komplikasi (Heidari et al., 2019).

Penting juga untuk mempertimbangkan faktor individu dalam menentukan efek terapeutik dan toksikitas. Variasi genetik, usia, jenis kelamin, dan kondisi kesehatan

dapat mempengaruhi bagaimana seseorang merespons obat. Sebuah studi menunjukkan bahwa variasi genetik dalam enzim metabolisme obat dapat menyebabkan perbedaan signifikan dalam respons terhadap terapi, yang dapat mempengaruhi efektivitas dan keamanan obat (Ingelman-Sundberg, 2017).

4. Kurva Dosis-Respons dan Indeks Terapi

Kurva dosis-respons menggambarkan hubungan antara dosis obat dan respons biologis yang dihasilkan. Kurva ini dapat memberikan informasi berharga tentang potensi, efikasi, dan toksisitas obat. Studi menunjukkan bahwa analisis kurva dosis-respons dapat membantu dalam menentukan dosis optimal untuk mencapai efek terapeutik maksimal dengan risiko minimal (Pritchard et al., 2019).

Kurva dosis-respons biasanya terdiri dari tiga fase: fase I di mana respons meningkat seiring dengan peningkatan dosis, fase II di mana respons mencapai maksimum, dan fase III di mana peningkatan dosis tidak lagi menghasilkan peningkatan respons. Memahami fase-fase ini sangat penting dalam pengembangan obat, karena dapat membantu peneliti menentukan dosis yang paling efektif dan aman untuk digunakan dalam populasi pasien yang berbeda (Koch et al., 2018).

Indeks terapi adalah ukuran yang digunakan untuk menilai keamanan obat, yang dihitung dengan membandingkan dosis yang menghasilkan efek terapeutik dengan dosis yang menghasilkan efek toksik. Obat dengan indeks terapi yang tinggi dianggap lebih aman, sementara obat dengan indeks terapi yang rendah memerlukan pemantauan yang lebih ketat. Misalnya, obat antiaritmia seperti digoksin memiliki indeks terapi yang rendah dan

memerlukan pemantauan kadar obat dalam serum untuk mencegah toksisitas (Mason et al., 2017).

Pemahaman tentang kurva dosis-respons dan indeks terapi sangat penting untuk meresepkan obat secara tepat. Dokter perlu mempertimbangkan tidak hanya dosis yang efektif tetapi juga potensi risiko efek samping. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan berbasis bukti dalam menentukan dosis dapat meningkatkan hasil terapi secara signifikan. Dengan demikian, kurva dosis-respons dan indeks terapi adalah konsep kunci dalam farmakodinamika yang membantu dalam merancang dan menerapkan terapi obat yang aman dan efektif (Kearney et al., 2005).

D. Rute Pemberian Obat

1. Jalur Oral dan Parenteral

Pemberian obat melalui jalur oral merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam praktik klinis. Obat yang diberikan secara oral dapat diserap melalui saluran pencernaan, khususnya lambung dan usus halus. Menurut penelitian, sekitar 80% obat yang tersedia di pasaran adalah dalam bentuk tablet atau kapsul yang dirancang untuk pemberian oral. Keuntungan dari rute ini adalah kemudahan penggunaan dan kenyamanan bagi pasien, serta biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan metode lain (Choi et al., 2020).

Beberapa kelemahan penggunaan secara oral adalah bioavailabilitas yang bervariasi dan dapat dipengaruhi oleh pH lambung, keberadaan makanan, dan kondisi kesehatan individu. Misalnya obat-obatan tertentu seperti asam asetilsalisilat (aspirin) dapat terdegradasi oleh asam

lambung, sehingga mengurangi efektivitasnya. Selain itu, pasien yang mengalami kesulitan menelan atau memiliki gangguan gastrointestinal mungkin tidak dapat menerima obat secara oral dengan baik (Takahashi et al., 2019).

Sebaliknya, pemberian obat secara parenteral, seperti injeksi intravena, intramuskular, dan subkutan, memberikan keuntungan dalam hal kecepatan dan konsistensi efek terapeutik. Pemberian intravena memungkinkan obat langsung masuk ke sirkulasi darah, memberikan efek yang cepat dan konstan. Menurut penelitian oleh C. K. Lee (2021), metode ini sangat efektif untuk pasien yang memerlukan pengobatan darurat atau yang tidak dapat menerima obat secara oral (Lee, 2021).

Rute pemberian parenteral juga memiliki kekurangan, seperti risiko infeksi di lokasi injeksi dan memerlukan keterampilan profesional medis dalam penanganannya. Selain itu, biaya untuk peralatan dan obat-obatan parenteral cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian oral. Oleh karena itu, pemilihan rute pemberian obat harus mempertimbangkan kondisi klinis pasien serta karakteristik obat itu sendiri (Gonzalez et al., 2020).

2. Jalur Topikal, Transmukosa, Inhalasi

Pemberian obat melalui jalur topikal adalah metode yang digunakan untuk mengobati kondisi lokal pada kulit atau membran mukosa. Obat yang digunakan secara topikal dapat memberikan efek langsung pada area yang terkena tanpa harus melalui sistem sirkulasi secara keseluruhan. Penggunaan salep dan krim untuk pengobatan dermatitis dan infeksi kulit menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi gejala dan mempercepat penyembuhan (Gupta, 2021).

Kelebihan dari rute topikal adalah minimnya efek samping sistemik, karena konsentrasi obat tetap tinggi di lokasi tempat aplikasi. Namun, salah satu kelemahan dari metode ini adalah penetrasi obat yang terbatas, sehingga tidak semua obat dapat digunakan dengan cara ini. Misalnya, obat yang memerlukan efek sistemik, seperti antibiotik, tidak dapat diberikan secara topikal (Kumar et al., 2020).

Jalur transmukosa adalah metode yang melibatkan penyerapan obat melalui kulit atau membran mukosa ke dalam sirkulasi sistemik. Contoh yang umum digunakan adalah patch nikotin untuk membantu berhenti merokok. Patch ini dapat memberikan dosis yang stabil dan mengurangi keinginan untuk merokok dengan cara yang lebih nyaman bagi pasien. Kelebihan dari rute ini adalah kemudahan penggunaan dan menghindari efek pada gastrointestinal. Sebaliknya transmukosa juga memiliki keterbatasan terkait dengan jenis obat yang dapat diserap. Obat dengan molekul besar atau yang memiliki sifat hidrofobik tinggi mungkin tidak dapat menembus kulit secara efektif (Patel et al., 2021).

Pemberian obat melalui inhalasi adalah metode yang efektif untuk pengobatan penyakit pernapasan, seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK). Obat yang dihirup langsung ke paru-paru dapat memberikan efek yang cepat dan lokal, sehingga mengurangi risiko efek samping sistemik. Penggunaan inhaler dosis terukur (MDI) dan nebulizer telah terbukti efektif dalam mengelola gejala asma. Tetapi teknik inhalasi yang tidak tepat dapat mengurangi jumlah obat yang mencapai paru-paru, sehingga mengurangi efektivitas pengobatan. Selain itu, beberapa pasien, terutama anak-anak dan orang tua,

mungkin mengalami kesulitan dalam menggunakan alat inhalasi dengan benar (Hernandez et al., 2020).

3. Kelebihan dan Kekurangan Tiap Rute

Setiap rute pemberian obat memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Pemberian oral, misalnya, menawarkan kemudahan dan kenyamanan, tetapi dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor gastrointestinal yang mengurangi bioavailabilitas obat. Di sisi lain, pemberian parenteral memberikan efek yang cepat dan dapat diandalkan, tetapi dengan risiko infeksi dan biaya yang lebih tinggi (Harrison et al., 2020).

Jalur topikal dan transmukosa memungkinkan pengobatan yang lebih terfokus dengan efek samping sistemik yang minimal, tetapi mungkin tidak cocok untuk semua jenis obat. Pemberian inhalasi sangat efektif untuk kondisi pernapasan, tetapi memerlukan keterampilan dalam penggunaan alat. Oleh karena itu, penting bagi tenaga medis untuk memiliki pemahaman yang mendalam tentang masing-masing rute pemberian obat. Dengan demikian, mereka dapat memilih metode yang paling sesuai untuk pasien, memaksimalkan efektivitas pengobatan, dan meminimalkan risiko efek samping. Penelitian dan pengembangan lebih lanjut dalam bidang farmakologi juga dapat membantu meningkatkan formulasi dan metode pemberian obat di masa depan (Gonzalez et al., 2020).

E. Interaksi Obat

1. Interaksi Farmakokinetika

Interaksi farmakokinetika menunjukkan bagaimana satu obat mempengaruhi absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat lain. Proses ini sangat penting untuk dipahami karena dapat mempengaruhi efektivitas terapi dan meningkatkan risiko efek samping. Misalnya, obat yang meningkatkan metabolisme liver, seperti rifampicin, dapat mengurangi konsentrasi obat lain dalam darah, yang dapat mengakibatkan kegagalan terapi pasien tuberkulosis paru (Davis et al., 2020).

Salah satu contoh yang sering terjadi adalah interaksi antara warfarin dan antibiotik seperti klaritromisin. Klaritromisin dapat menghambat metabolisme warfarin, sehingga meningkatkan kadar warfarin dalam darah dan berpotensi menyebabkan perdarahan. Menurut data dari American Heart Association, interaksi ini dapat meningkatkan risiko komplikasi serius pada pasien yang menjalani terapi antikoagulan. Statistik menunjukkan bahwa sekitar 20% dari semua interaksi obat adalah interaksi farmakokinetik, dan lebih dari 70% pasien yang dirawat di rumah sakit mengalami setidaknya satu interaksi obat selama perawatan mereka (Bourgeois et al., 2010).

Penggunaan terapi obat, penting untuk melakukan pemantauan yang cermat terhadap pasien yang menerima terapi dengan potensi interaksi farmakokinetika. Penggunaan sistem informasi kesehatan yang terintegrasi dapat membantu dalam mengidentifikasi interaksi yang berpotensi berbahaya. Hal ini tidak hanya meningkatkan keselamatan pasien, tetapi juga dapat mengurangi biaya

perawatan kesehatan pasien yang terkait dengan komplikasi akibat interaksi obat. Dokter dan apoteker harus selalu memperbarui pengetahuan mereka mengenai interaksi farmakokinetika terbaru dan mengedukasi pasien tentang pentingnya melaporkan semua obat yang mereka konsumsi, termasuk suplemen herbal dan obat bebas (Meyer et al., 2018).

2. Interaksi Farmakodinamik

Interaksi farmakodinamika terjadi ketika dua atau lebih obat mempengaruhi efek terapeutik satu sama lain tanpa mempengaruhi farmakokinetik mereka. Interaksi ini dapat bersifat sinergis, antagonis, atau additif. Contohnya, penggunaan obat analgesik seperti ibuprofen bersamaan dengan obat antiinflamasi non-steroid (NSAID) lainnya dapat meningkatkan efek analgesik, tetapi juga meningkatkan risiko efek samping gastrointestinal (Schmid et al., 2019).

Data menunjukkan bahwa interaksi farmakodinamika dapat menyebabkan peningkatan efek samping dan komplikasi. Misalnya, kombinasi obat antihipertensi seperti beta-blocker dengan diuretik dapat menyebabkan hipotensi yang berlebihan, yang berpotensi berbahaya bagi pasien lanjut usia). Menurut penelitian oleh AHA, pasien yang menggunakan kombinasi obat tersebut harus dipantau secara ketat untuk menghindari komplikasi serius. Interaksi ini juga dapat terjadi pada pasien dengan kondisi medis tertentu. Sebagai contoh, pasien dengan diabetes yang menggunakan insulin dan obat hipoglikemik oral harus diawasi untuk menghindari hipoglikemia (Inzucchi et al., 2015).

Pentingnya edukasi pasien juga tidak dapat diabaikan dalam konteks interaksi farmakodinamika. Pasien harus diinformasikan tentang potensi risiko ketika mengonsumsi beberapa obat secara bersamaan dan pentingnya mematuhi dosis yang diresepkan. Termasuk penggunaan polifarmasi pada pasien lanjut usia, pemahaman tentang interaksi farmakodinamika menjadi semakin penting. Penelitian menunjukkan bahwa lebih dari 50% pasien lanjut usia menggunakan lima atau lebih obat, yang meningkatkan risiko interaksi. Oleh karena itu, strategi untuk mengelola interaksi ini harus menjadi bagian integral dari praktik klinis sehari-hari (Hajjar et al., 2007).

3. Interaksi dengan Makanan dan Senyawa Lain

Interaksi antara obat dan makanan dapat mempengaruhi efektivitas obat serta menyebabkan efek samping yang tidak diinginkan. Beberapa makanan dapat meningkatkan atau mengurangi absorpsi obat, mengubah metabolisme, atau mempengaruhi ekskresi obat. Sebagai contoh, jus grapefruit diketahui dapat menghambat enzim CYP3A4 yang terlibat dalam metabolisme banyak obat, termasuk anti hiperlipidemia jenis statin dan beberapa obat antihipertensi (Bailey et al., 2013).

Statistik menunjukkan bahwa sekitar 25% pasien yang menggunakan obat mengalami interaksi dengan makanan yang dapat mempengaruhi terapi mereka. Misalnya, konsumsi makanan tinggi vitamin K dapat mempengaruhi efektivitas warfarin, yang digunakan untuk mencegah pembekuan darah. Pasien yang menggunakan warfarin disarankan untuk menjaga asupan vitamin K mereka konsisten untuk menghindari fluktuasi nilai INR (International Normalized Ratio) agar tetap stabil dalam rentang yang aman (Holbrook et al., 2012).

Selain itu, senyawa lain seperti suplemen herbal juga dapat berinteraksi dengan obat. Contohnya, tanaman St. John's Wort (*Hypericum perforatum*), yang sering digunakan sebagai pengobatan alternatif untuk depresi, dapat mengurangi efektivitas obat antidepresan dan obat antiretroviral. Oleh karena itu, pasien harus diinformasikan tentang potensi interaksi ini dan disarankan untuk mendiskusikan penggunaan suplemen dengan penyedia layanan kesehatan mereka (Lattimore et al., 2016).

Pentingnya edukasi mengenai interaksi obat dengan makanan dan senyawa lain tidak dapat diabaikan. Pasien harus diberikan informasi yang jelas tentang makanan atau suplemen yang harus dihindari selama pengobatan. Hal ini dapat membantu meningkatkan kepatuhan pasien terhadap terapi dan mengurangi risiko efek samping yang merugikan (Gonzalez et al., 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, J. K., et al. (2018). Lipophilicity and drug absorption: A review. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 44(3), 331-340.
- Bates, D. W., Cullen, D. J., Laird, N., et al. (1995). "Incidence of Adverse Drug Events and Potential Adverse Drug Events: Implications for Prevention." *JAMA*, 274(1), 29-34.
- Bergström, C. A. S., et al. (2021). "Understanding the Drug-Receptor Interaction: A Review of Pharmacokinetics and Pharmacodynamics." *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 377(2), 123-135.
- Brouwer, K. L. R., et al. (2015). The role of protein binding in drug distribution. *Clinical Pharmacokinetics*, 54(2), 111-125.
- Buchanan, A. C., et al. (2019). "The Role of Pharmacology in Drug Development." *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 105(1), 1-5.
- Choi, H. H. K., et al. (2020). "Pharmacokinetics of Oral Drug Administration: A Review." *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 109(5), 1302-1312.
- Collins, R., et al. (2016). "Management of Cardiovascular Risk Factors: A Report from the Heart Protection Study." *The Lancet*, 377(9768), 2193-2203.
- Davis, J. M., et al. (2020). The impact of molecular size on drug distribution: A review. *Pharmaceutical Research*, 37(3), 45.
- DeFronzo, R. A. (2015). "Diabetes Care: The Evolving Role of Metformin." *Diabetes Care*, 38(4), 718-725.
- FDA. (2022). "FDA Basics: The Drug Approval Process." Retrieved from [FDA website](<https://www.fda.gov>).

- Goodman, L. S., & Gilman, A. (2017). *The Pharmacological Basis of Therapeutics*. New York: McGraw-Hill.
- Gupta, R. K. (2021). "Topical Drug Delivery Systems: An Overview." *International Journal of Pharmaceutics*, 601, 120555.
- Heidari, F., et al. (2019). "Therapeutic Index of Drugs: A Review." *Journal of Pharmacological Sciences*, 139(1), 1-7.
- Hernandez, A., et al. (2020). "Challenges in Inhaler Technique among Patients." *Chest*, 158(3), 1150-1158.
- Hernandez, I., et al. (2017). "Drug Interactions: A Review of the Literature." *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(8), 577-584.
- Holbrook, A. M., et al. (2012). Systematic review of warfarin and vitamin K interactions. *CMAJ*, 184(5), 1-7.
- Holford, N. H. G., & Sheiner, L. B. (1981). *Pharmacokinetics. In: Clinical Pharmacokinetics. 2nd ed.* New York: Wiley.
- Horne, B. D., et al. (2018). "Grapefruit Juice and Drug Interactions: A Review." *American Journal of Medicine*, 131(3), 249-256.
- Lee, C. K. (2021). "Intravenous Drug Administration: Benefits and Risks." *American Journal of Health-System Pharmacy*, 78(12), 1013-1021.
- López-Fernández, L. A., et al. (2018). Genetic polymorphisms in drug-metabolizing enzymes: Implications for therapy. *Pharmacogenomics*, 19(10), 861-872.
- Meyer, M. R., et al. (2021). Age-related changes in pharmacokinetics: Implications for drug therapy in the elderly. *Drugs & Aging*, 38(6), 523-534.

- Miller, R. (2019). "Opioid Agonists and Antagonists: Mechanism of Action." *Pain Management*, 9(3), 217-224.
- NIH. (2021). "Research Portfolio Online Reporting Tools (RePORT)." Retrieved from [NIH website](https://report.nih.gov)
- Patel, V., et al. (2021). "Advancements in Transmucosal Drug Delivery Systems." *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 61, 102350. *Perspective. Addiction*, 117(2), 239-250.
- Pritchard, J. R., et al. (2019). "Dosing Strategies in Pharmacology: The Role of Dose-Response Curves." *Pharmacology & Therapeutics*, 202, 23-34.
- Wang, H., et al. (2018). "Genetic Variants in Beta-Adrenergic Receptor and Response to Antihypertensive Therapy." *Hypertension*, 72(2), 399-405.
- WHO. (2020). "Medicines: A Global Priority." Retrieved from [WHO website] (https://www.who.int).
- Zhang, Y., et al. (2020). "Receptor Pharmacology: Current Perspectives and Future Directions." *Nature Reviews Drug Discovery*, 19(8), 523-540.

BAB 4

FARMASETIKA: BENTUK SEDIAAN DAN TEKNOLOGI FORMULASI OBAT

Oleh apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm.

A. Pendahuluan

Farmasetika adalah bidang ilmu farmasi yang memadukan seni dan sains dalam mengubah *Active Pharmaceutical Ingredient* (API) atau bahan aktif obat menjadi bentuk sediaan yang aman, efektif, stabil, dan praktis digunakan oleh pasien (Allen, 2021). Bidang ini tidak hanya menitikberatkan pada proses teknis pembuatan, tetapi juga mempelajari alasan ilmiah di balik pemilihan bentuk sediaan, cara pelepasan zat aktif di dalam tubuh, serta metode mempertahankan kualitas obat selama masa simpannya.

Farmasetika menjadi penghubung penting antara penemuan molekul obat baru di laboratorium dan penyediaan produk siap pakai di apotek maupun fasilitas kesehatan (Florence dan Attwood, 2021). Sejarahnya panjang mulai dari masa ketika apoteker meracik obat secara manual menggunakan bahan alam seperti tanaman, mineral, atau hewan, hingga era industri modern yang memproduksi obat dalam jumlah besar menggunakan teknologi mutakhir dan sistem otomatisasi (Anderson, 2020).

Perkembangan ini dipacu oleh kemajuan ilmu pengetahuan, kebutuhan pasokan obat yang konsisten, dan tuntutan regulasi global. Prinsip *Good Manufacturing Practice* (GMP) yang ditetapkan WHO serta *International Council for Harmonisation* (ICH) menjadi acuan wajib untuk memastikan keamanan dan mutu obat (ICH, 2022). Prinsip ini mencakup pengendalian kualitas yang ketat, validasi setiap tahap produksi, dan pencatatan lengkap dari bahan baku hingga produk akhir.

Dalam pengembangan modern, pemahaman sifat fisikokimia API seperti kelarutan, kestabilan, pKa, dan interaksi dengan eksipien menjadi kunci (Florence dan Attwood, 2021). Pengetahuan ini membantu menentukan apakah obat lebih tepat diformulasikan sebagai tablet, kapsul, sirup, injeksi, atau menggunakan teknologi penghantaran lanjutan seperti nanopartikel.

Inovasi seperti nanotechnology drug delivery, 3D printing obat, dan *lipid-based drug delivery systems* (LBDDS) telah merevolusi formulasi dengan meningkatkan penyerapan obat, mengurangi efek samping, dan mendukung personalized medicine terapi yang disesuaikan dengan profil genetik dan kondisi kesehatan tiap pasien (Kumar, Sahu, dan Dey, 2022; Zhao, Li, dan Chen, 2023).

B. Dasar-Dasar Pengetahuan Kefarmasian

Farmasetika dibangun di atas landasan disiplin ilmu yang saling mendukung, meliputi:

1. Farmakologi: mempelajari interaksi obat dengan tubuh, mencakup mekanisme aksi, efek terapeutik, efek samping, dan toksisitas (Rang, Dale, Ritter, Flower, dan Henderson, 2022).

2. Farmakokinetika: mengkaji perjalanan obat melalui *absorption, distribution, metabolism, dan excretion* (ADME), yang menentukan dosis, frekuensi pemberian, dan bentuk sediaan yang tepat.
3. Farmakodinamika: menelaah hubungan antara konsentrasi obat dengan respons biologis yang dihasilkan di tingkat sel atau reseptor target.
4. Biofarmasetika: menghubungkan sifat fisikokimia API dengan *bioavailability* serta mempelajari bagaimana formulasi memengaruhi penyerapan dan efektivitas.
5. Teknologi Farmasi: mencakup prinsip, metode, dan peralatan pembuatan obat yang memenuhi persyaratan mutu, keamanan, dan konsistensi.

Terminologi penting yang wajib dipahami antara lain:

1. API (*Active Pharmaceutical Ingredient*): zat aktif yang memberikan efek terapi.
2. Eksiipien: bahan tambahan tanpa aktivitas farmakologis langsung, misalnya laktosa sebagai pengisi atau natrium benzoat sebagai pengawet.
3. Bioavailabilitas: persentase dosis obat yang mencapai sirkulasi sistemik dalam bentuk aktif.

Sifat fisikokimia seperti pH, kelarutan, titik lebur, dan kestabilan kimia API mempengaruhi desain formulasi. Obat dengan kelarutan rendah, misalnya, dapat dibuat dalam bentuk suspensi atau menggunakan teknologi *solid dispersion* untuk meningkatkan *bioavailability* (Florence dan Attwood, 2021).

Aspek regulasi seperti GMP (WHO) dan pedoman ICH memastikan keamanan serta mutu melalui pengendalian

proses, kebersihan fasilitas, pelatihan tenaga kerja, validasi metode, dan dokumentasi lengkap (ICH, 2022).

C. Klasifikasi Bentuk Sediaan Obat

Bentuk sediaan obat merupakan sistem penghantaran atau *drug delivery system* yang memengaruhi keamanan, efektivitas, kenyamanan, dan penerimaan pasien terhadap terapi. Pemilihan bentuk sediaan mempertimbangkan sifat fisikokimia zat aktif, rute pemberian, kecepatan onset, tujuan terapi, umur simpan, serta preferensi pasien (Allen, 2021; Taylor dan Aulton, 2021; USPNF, 2024).

1. Bentuk Padat

Bentuk padat merupakan kategori paling umum karena kemudahan produksi, stabilitas tinggi, dan biaya rendah.

- a. Tablet: dapat dirancang sebagai *immediate release* (IR) untuk pelepasan cepat, atau *modified release* (MR) seperti *extended release* (ER) yang memperpanjang pelepasan zat aktif, *delayed release* (DR) atau *enteric coated* yang menunda pelepasan hingga melewati lambung, serta *orodispersible tablet* (ODT) yang larut di mulut. Variasi lain termasuk tablet kunyah, efervesen, sublingual, bukal, bilayer/multilayer, dan mukoadesif (Florence dan Attwood, 2021).
- b. Kapsul: tersedia dalam bentuk kapsul keras (gelatin atau HPMC) dan kapsul lunak (*softgel*). Kapsul keras dapat diisi serbuk, granul, atau pellet; sedangkan kapsul lunak berisi minyak atau cairan kental.

Keuntungan: presisi dosis, umur simpan panjang, dan kompatibilitas luas dengan API. Kekurangan: onset kerja

lebih lambat dibanding injeksi, tidak cocok untuk pasien disfagia, dan beberapa API tidak stabil di saluran pencernaan (Taylor dan Aulton, 2021).

2. Bentuk Cair

Bentuk cair memudahkan pemberian, terutama pada anak-anak dan lansia.

- a. Larutan Oral: mengandung API terlarut sempurna dalam pelarut air atau campuran kosolven seperti gliserol, propilen glikol, atau etanol.
- b. Sirup: larutan kental mengandung sukrosa tinggi untuk menutupi rasa pahit.
- c. Elikzir: larutan beralkohol manis yang digunakan untuk API tertentu.
- d. Suspensi: dispersi partikel padat dalam cairan, memerlukan agen pensuspensi seperti Na-CMC atau xanthan gum.
- e. Emulsi: campuran dua cairan tak saling larut, distabilkan oleh emulgator.

Kelebihan bentuk cair adalah onset cepat dan kemudahan penyesuaian dosis, sedangkan kelemahannya adalah umur simpan lebih pendek dan kerentanan terhadap degradasi (Rowe, Sheskey, dan Quinn, 2020).

3. Bentuk Semi-Padat

Digunakan untuk aplikasi topikal atau mukosa, termasuk salep (*basis oleaginous*), krim (emulsi o/w atau w/o), gel (*hidrogel* atau *organogel*), dan pasta (kandungan padatan tinggi). Pemilihan basis memengaruhi pelepasan obat, efek oklusif, dan kenyamanan pengguna (Taylor dan Aulton, 2021).

4. Bentuk Parenteral

Sediaan steril yang diberikan melalui injeksi atau infus. Bentuknya dapat berupa larutan, suspensi, emulsi, atau liofilisat. Faktor kritis mencakup sterilitas, bebas pirogen, ukuran partikel, pH, osmolalitas, kompatibilitas kemasan, dan stabilitas selama penyimpanan (USPNF, 2024; ICH, 2022).

5. Sistem Transdermal

Patch transdermal dirancang untuk penghantaran obat melalui kulit, memberikan efek lokal atau sistemik dengan keuntungan pelepasan terkendali dan menghindari metabolisme lintas pertama hati (Alkilani, McCrudden, dan Donnelly, 2022).

6. Inhalasi

Digunakan untuk efek lokal (asma, PPOK) atau sistemik tertentu. Bentuknya termasuk metered-dose inhaler (pMDI), dry powder inhaler (DPI), dan nebuliser. Efektivitas tergantung ukuran partikel aerosol dan teknik penggunaan (Taylor dan Aulton, 2021; USPNF, 2024).

D. Eksipien dan Fungsinya

1. Pengertian Eksipien

Eksipien adalah komponen non-aktif dalam suatu sediaan farmasi yang digunakan untuk membantu pembentukan, stabilisasi, dan penghantaran zat aktif (*Active Pharmaceutical Ingredient / API*) tanpa menimbulkan efek farmakologis pada dosis yang diberikan (Rowe, Sheskey, dan Quinn, 2020). Meskipun disebut “non-aktif”, eksipien berperan strategis dalam memastikan mutu, kestabilan,

keamanan, kenyamanan, dan keberulangan proses produksi obat.

Peran eksipien telah berkembang dari sekadar bahan pembawa menjadi komponen fungsional yang dapat:

- a. Memodifikasi pelepasan obat (misalnya *controlled release, delayed release*).
- b. Meningkatkan bioavailabilitas API yang sukar larut.
- c. Meningkatkan stabilitas fisik dan kimia.
- d. Meningkatkan penerimaan pasien (rasa, warna, tekstur).
- e. Menjamin kemudahan produksi dengan karakteristik alir dan kompresibilitas serbuk yang baik.

2. Klasifikasi Eksipien Berdasarkan Fungsi

a. Pengencer (*Diluen*)

Menambah massa dan volume sediaan padat sehingga memudahkan penanganan dan kompresi.

Contoh: Laktosa monohidrat (20–90% b/b), mikrokrystalin selulosa (MCC, 10–70% b/b), kalsium fosfat dibasik (5–50% b/b).

Pertimbangan: pemilihan ukuran partikel dan kelembapan kritis; laktosa tidak cocok untuk pasien intoleransi laktosa.

b. Pengikat (*Binder*)

Membantu partikel serbuk saling melekat selama proses granulasi dan kompresi tablet.

Contoh: Povidone (PVP K-30, 0,5–5%), hidroksipropil selulosa (HPC, 2–6%), hidroksipropil metilselulosa (HPMC, 2–5%).

Pertimbangan: viskositas larutan pengikat mempengaruhi kekerasan tablet dan waktu hancur.

c. Penghancur (*Disintegran*)

Memfasilitasi pecahnya tablet atau kapsul menjadi partikel lebih kecil agar API cepat terdispersi di cairan gastrointestinal.

Contoh: Kroskarmelosa natrium (1–5%), krosopovidon (2–5%), natrium pati glikolat (2–8%).

Mekanisme: pembengkakan, aksi kapiler, atau elastic recovery.

d. Pelicin (*Lubricant*) dan Glidan

Mengurangi gesekan antara partikel dan dinding cetakan, mencegah sticking, dan meningkatkan aliran serbuk.

Contoh: Magnesium stearat (0,25–2%) sebagai pelicin; koloidal silikon dioksida (0,1–1%) sebagai glidan.

Catatan: kelebihan pelicin lipofilik dapat memperlambat disolusi.

e. Bahan Salut (*Coating Agents*)

Melindungi API dari kelembapan, cahaya, atau asam lambung; menutupi rasa; meningkatkan estetika; atau memodifikasi profil pelepasan.

Contoh: HPMC, PVA, polimer akrilik (Eudragit®).

Bahan tambahan: plastisizer seperti PEG atau triasetin (5–20% dari bobot polimer).

f. Pelarut dan Ko-Solven

Melarutkan API atau eksipien lain pada sediaan cair.

Contoh: Air murni, etanol ($\leq 10\%$ untuk oral), propilen glikol ($\leq 15\%$ untuk oral dewasa), gliserol.

Aspek keamanan: pembatasan kadar pelarut tertentu pada pediatri (EMA, 2024).

g. Pengawet Antimikroba

Mencegah pertumbuhan mikroba pada sediaan multi-dosis berair.

Contoh: Metilparaben (0,1–0,25%), propilparaben (0,02–0,04%), benzalkonium klorida (0,01%).

Pertimbangan: potensi iritasi dan kompatibilitas dengan bahan lain.

h. Antioksidan dan Chelator

Menghambat oksidasi API atau eksipien yang rentan degradasi oksidatif.

Contoh: Butylated Hydroxytoluene (BHT, 0,01–0,1%), natrium metabisulfit (0,1%), EDTA (0,01–0,1%).

Catatan: sensitivitas sulfit pada pasien tertentu perlu diwaspadai.

i. Penyangga pH (Buffer) dan Pengatur pH

Menjaga pH optimal untuk stabilitas API, efektivitas pengawet, dan kenyamanan pasien.

Contoh: asetat (pH 3–6), sitrat (pH 4–6), fosfat (pH 6–8).

j. Peningkat Permeasi dan Pengatur Tonisitas

Digunakan pada sediaan topikal/parenteral untuk meningkatkan penyerapan atau menyesuaikan tekanan osmotik.

Contoh: NaCl (0,9% untuk isotonisitas), manitol (3–10%), surfaktan non-ionik seperti polisorbitat 80.

k. Pemanis, Perisa, dan Pewarna

Meningkatkan kepatuhan pasien, terutama anak-anak.

1) Pemanis (*Sweeteners*)

Digunakan untuk menutupi rasa pahit atau tidak enak pada obat, terutama pada sediaan cair atau kunyah, agar lebih dapat diterima pasien, khususnya anak-anak.

Contoh:

- a) Sukrosa: pemanis alami, sering digunakan dalam sirup, tablet kunyah.
- b) Sorbitol: pemanis dan humektan, juga membantu menjaga kelembapan tablet.
- c) Aspartam: pemanis buatan, cocok untuk pasien diabetes (tidak meningkatkan kadar gula darah).
- d) Natrium sakarin: pemanis intensitas tinggi, efektif dalam jumlah kecil.

2) Perisa (*Flavouring Agents*)

Memberikan rasa dan aroma tertentu untuk meningkatkan penerimaan pasien terhadap obat.

Contoh:

- a) Perisa jeruk (*orange flavour*): umum untuk sirup anak-anak.
 - b) Perisa mint (*peppermint oil*): memberi rasa segar, sering dipakai pada tablet hisap.
 - c) Perisa vanila (*vanillin*): banyak digunakan pada suspensi dan sirup.
 - d) Perisa stroberi: populer pada sediaan cair anak-anak.
- 3) Pewarna (*Colorants*)
 Memberikan warna pada sediaan untuk meningkatkan daya tarik visual dan memudahkan identifikasi produk.

Contoh:

- a) Sunset Yellow FCF (E110): memberi warna kuning-oranye.
- b) Tartrazine (E102): memberi warna kuning cerah.
- c) Brilliant Blue FCF (E133): memberi warna biru.
- d) Erythrosine (E127): memberi warna merah muda. Catatan: beberapa pemanis memiliki efek laksatif pada dosis tinggi (EMA, 2024).

E. Prinsip Formulasi Obat

1. Pengertian Formulasi Obat

Formulasi obat adalah proses sistematis dalam merancang dan memproduksi sediaan farmasi yang mengandung API (*Active Pharmaceutical Ingredient*) bersama excipien yang

sesuai, sehingga obat tersebut aman, efektif, stabil, dapat diproduksi berulang kali dengan mutu yang sama, dan mudah digunakan oleh pasien (Allen, 2021; Taylor dan Aulton, 2021).

Proses ini bukan sekadar mencampurkan API dengan bahan tambahan. Formulasi melibatkan analisis ilmiah, pemilihan bahan, penentuan metode pembuatan, pengujian mutu, hingga pertimbangan kenyamanan pasien.

2. Mengapa Prinsip Formulasi Penting

Prinsip formulasi yang tepat memastikan bahwa:

- a. API tetap stabil sampai tanggal kedaluwarsa.
- b. Obat dilepaskan pada kecepatan dan lokasi yang diinginkan di tubuh.
- c. Produk dapat diproduksi dalam skala besar tanpa mengubah mutu.
- d. Pasien mau dan mampu menggunakan obat sesuai anjuran.

Contohnya, antibiotik dalam bentuk suspensi kering harus diformulasikan agar tetap stabil selama penyimpanan, namun mudah terlarut saat dicampur air oleh pasien (Florence dan Attwood, 2021).

3. Langkah-Langkah Pokok dalam Perancangan Formulasi

a. Menentukan Tujuan Produk

Langkah pertama adalah menetapkan *Quality Target Product Profile* (QTPP), yaitu gambaran ideal mutu dan karakteristik produk yang diinginkan. QTPP mencakup bentuk sediaan (tablet, kapsul, sirup), rute pemberian

(oral, injeksi, topikal), dosis, umur simpan, dan target pasien (dewasa, anak, lansia) (ICH, 2022).

b. Mengidentifikasi Faktor Penting Dalam Formulasi

Dari QTPP, formulator menentukan *Critical Quality Attributes* (CQA), yaitu sifat yang harus dikontrol agar produk berfungsi dengan baik. Misalnya kadar zat aktif, profil disolusi, kekerasan tablet, pH larutan, sterilitas (USPNF, 2024).

c. Studi Preformulasi

Tahap ini mempelajari sifat API yang dapat mempengaruhi bentuk sediaan, seperti:

- 1) Kelarutan dalam air dan pelarut lain
- 2) Nilai pKa dan kestabilan terhadap pH
- 3) Higroskopisitas (kemampuan menyerap air)
- 4) Bentuk kristal (polimorfisme)
- 5) Ukuran dan bentuk partikel (Taylor dan Aulton, 2021)

Hasil studi preformulasi membantu memilih eksipien yang kompatibel dan proses produksi yang sesuai.

d. Mempertimbangkan Biofarmasetika

Formulator menggunakan *Biopharmaceutics Classification System* (BCS) untuk mengelompokkan API berdasarkan kelarutan dan permeabilitasnya:

- 1) BCS I: kelarutan tinggi, permeabilitas tinggi → fokus pada kestabilan.

- 2) BCS II: kelarutan rendah, permeabilitas tinggi → perlu teknik peningkatan kelarutan (misalnya solid dispersion atau mikronisasi).
- 3) BCS III: kelarutan tinggi, permeabilitas rendah → memerlukan peningkat permeasi.
- 4) BCS IV: kelarutan rendah, permeabilitas rendah → kombinasi teknik untuk peningkatan keduanya (Florence dan Attwood, 2021).

e. Memilih Bentuk Sediaan dan Rute Pemberian

Bentuk sediaan harus disesuaikan dengan sifat API dan kebutuhan terapi. Contohnya, obat yang tidak stabil di asam lambung mungkin lebih cocok dibuat sebagai kapsul salut enterik atau sediaan injeksi (Rowe, Sheskey, dan Quinn, 2020).

f. Menentukan Proses Produksi

Proses produksi dapat berupa:

- 1) Direct compression untuk tablet yang serbuknya memiliki sifat alir dan kompresi yang baik.
- 2) Granulasi basah untuk meningkatkan kekuatan tablet.
- 3) Granulasi kering untuk API sensitif terhadap kelembapan.
- 4) Peletisasi atau ekstrusi-sferonisasi untuk *multi-unit pellet system* (MUPS).
- 5) Spray drying atau hot melt extrusion untuk *solid dispersion* (Taylor dan Aulton, 2021).

g. Uji Stabilitas dan Pemilihan Kemasan

Produk diuji stabilitasnya terhadap suhu, kelembapan, cahaya, dan oksigen sesuai panduan ICH Q1. Kemasan dipilih berdasarkan sifat API, misalnya blister aluminium untuk melindungi dari kelembapan (ICH, 2022).

h. Pertimbangan Kepatuhan Pasien

Faktor yang mempengaruhi kepatuhan termasuk ukuran dan bentuk tablet, rasa sediaan cair, frekuensi dosis, dan kemudahan penggunaan kemasan (EMA, 2024).

4. Faktor yang Mempengaruhi Keputusan Formulasi

- a. Sifat API: kelarutan, kestabilan, rasa, warna.
- b. Tujuan terapi: kecepatan onset, lama kerja obat.
- c. Target pasien: anak, lansia, pasien disfagia.
- d. Persyaratan regulasi: batasan bahan tambahan, standar keamanan.
- e. Ketersediaan bahan baku dan biaya produksi (Kim, Park, dan Lee, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Alkilani, A.Z., McCrudden, M.T.C. & Donnelly, R.F., (2022). Transdermal drug delivery: Innovative pharmaceutical developments. *Journal of Controlled Release*, 343, pp.95–112.
- Allen, L.V., (2021). *Ansel's pharmaceutical dosage forms and drug delivery systems. 12th ed.* Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Anderson, R.J., (2020). *The industrial pharmacy handbook.* London: Pharmaceutical Press.
- EMA, (2024). *Annex to the guideline on excipients in the labelling and package leaflet of medicinal products for human use.* Amsterdam: European Medicines Agency.
- Florence, A.T. & Attwood, D., (2021). *Physicochemical principles of pharmacy. 7th ed.* London: Pharmaceutical Press.
- ICH, (2022). *Guidelines on good manufacturing practice.* Geneva: International Council for Harmonisation.
- Kim, J.H., Park, S.H. & Lee, K.Y., 2022. Quality by Design approaches in pharmaceutical development. *Pharmaceutical Development and Technology*, 27(8), pp.965–980.
- Kumar, P., Sahu, S. & Dey, S., (2022). Nanotechnology in drug delivery: Advances and perspectives. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 68, p.103092.
- Rang, H.P., Dale, M.M., Ritter, J.M., Flower, R.J. & Henderson, G., (2022). *Rang and Dale's pharmacology. 10th ed.* London: Elsevier.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J. & Quinn, M.E., (2020). *Handbook of pharmaceutical excipients. 9th ed.* London: Pharmaceutical Press.

- Taylor, K.M.G. & Aulton, M.E., (2021). *Aulton's pharmaceuticals: The design and manufacture of medicines. 6th ed.* London: Elsevier.
- USPNF, (2024). *United States pharmacopeia and national formulary.* Rockville: United States Pharmacopeial Convention.
- Yang, Y., Zhang, Q. & Wang, J., (2025). Advances in patient-centric drug product design. *International Journal of Pharmaceutics*, 643, p.123107.
- Zhao, H., Li, X. & Chen, Y., (2023). Personalized medicine in pharmaceutical sciences. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 197, p.114825

BAB 5

FARMAKOKINETIKA DAN FARMAKODINAMIKA

Oleh apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.

A. Pendahuluan

Farmakokinetika adalah istilah yang menggambarkan empat tahap dasar yang dilalui oleh obat dalam tubuh manusia yaitu absorpsi (penyerapan), distribusi, metabolisme (biotransformasi), dan ekskresi (eliminasi) obat. Seluruh proses ini kadang-kadang disingkat menjadi ADME dan dikenal sebagai proses-proses farmakokinetika. Obat adalah obat-obatan atau zat lain yang memiliki efek fisiologis ketika diberikan ke dalam tubuh. Absorpsi adalah tahap pertama farmakokinetika dan terjadi setelah obat masuk ke dalam tubuh dan bergerak dari tempat pemberian ke dalam sistem sirkulasi tubuh. Distribusi adalah tahap kedua farmakokinetika yaitu proses penyebaran obat ke seluruh tubuh. Metabolisme adalah tahap ketiga farmakokinetika dan melibatkan pemecahan molekul obat. Sedangkan ekskresi adalah tahap terakhir farmakokinetika dan merujuk pada proses dimana tubuh menghilangkan obat baik dalam bentuk asli maupun metabolitnya (Ernstmeyer K, 2023).

Proses-proses farmakokinetika sangat menentukan profil konsentrasi obat terhadap waktu dalam tubuh sehingga menentukan pola waktu efek obat setelah pemberian. Proses-proses farmakokinetika obat juga dapat

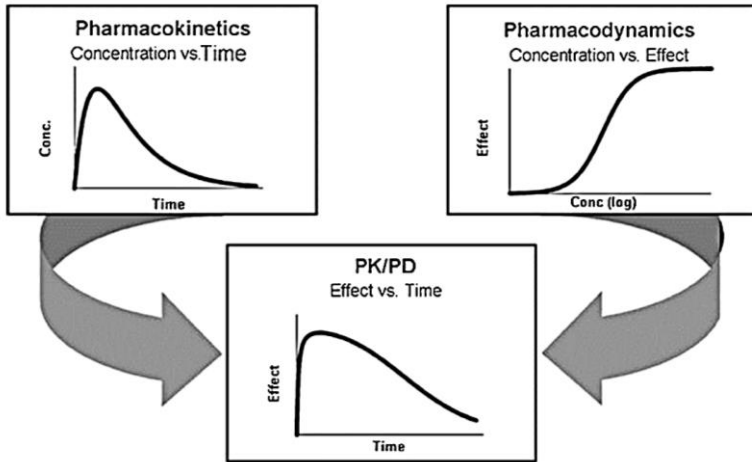
digunakan dalam menggambarkan hubungan antara dosis, konsentrasi dan efek obat (Hedaya, 2024; Loucks et al., 2015).

Banyak faktor-faktor lain selain aksi farmakologis yang diketahui pada jaringan dan reseptor tertentu yang berkontribusi pada keberhasilan terapi obat. Obat juga berinteraksi dengan reseptor tertentu sehingga reseptor bertanggung jawab atas selektivitas aksi obat dan hubungan kuantitatif antara obat dan efeknya. Mekanisme aksi obat ini merupakan proses farmakodinamika. Istilah farmakodinamika merujuk pada efek obat dalam tubuh dan mekanisme kerjanya. Saat obat terdistribusi melalui aliran darah, ia menunjukkan afinitas unik terhadap reseptor obat. Waktu aksi terapeutik obat dalam tubuh dapat dipahami dalam konteks farmakokinetika dan farmakodinamika (laurence L. Brunton., John S. Lazo., 2006).

Obat dan reseptor membentuk sistem kunci dan gembok yang memengaruhi cara kerja obat dan keberadaan obat dalam aliran darah setelah diberikan. Konsep ini secara luas disebut sebagai bioavailabilitas obat. Bioavailabilitas obat merupakan parameter penting yang diperhatikan oleh para ilmuwan farmasi saat merancang dan mengemas obat. Namun, seberapa efektif pun obat bekerja dalam simulasi laboratorium, kinerjanya dalam tubuh manusia tidak selalu menghasilkan hasil yang sama, dan respon individu terhadap obat harus dipertimbangkan (Ernstmeyer K, 2023).

Prinsip-prinsip kimia juga diterapkan dalam mempelajari farmakokinetika karena interaksi antara obat dan molekul tubuh merupakan serangkaian reaksi kimia. Memahami interaksi kimia antara obat dan lingkungan

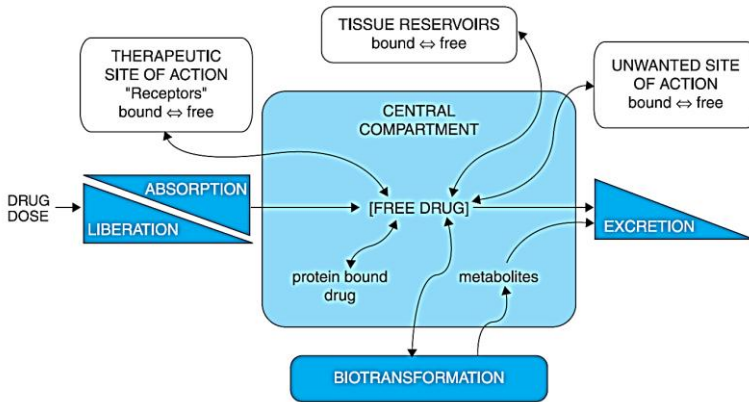
biologis, seperti aliran darah sangat diperlukan untuk memprediksi seberapa banyak obat yang akan dimetabolisme oleh tubuh. Hubungan antara farmakokinetika dan farmakodinamika terhadap terapi obat dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Hubungan antara Farmakokinetika dan Farmakodinamika terhadap Terapi Obat
 Sumber: Loucks et al. (2015)

B. Proses-Proses Farmakokinetika

Proses-proses farmakokinetika dapat menjelaskan mengenai bagaimana nasib obat dalam tubuh manusia dimana terdiri dari 4 tahapan yaitu absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi. Hubungan timbal balik antara keempat tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar 5.2.



Gambar 5.2 Hubungan Timbal Balik antara Penyerapan, Distribusi, Pengikatan, Metabolisme, dan Ekskresi Suatu Obat dengan Konsentrasinya di Tempat-tempat Aksi Obat tersebut
 Sumber: Laurence et al. (2006)

1. Absorpsi Obat

Absorpsi adalah proses perpindahan obat dari tempat pemberiannya ke dalam plasma. Absorpsi pada pemberian obat secara oral berarti perpindahan obat dari tempat diberikan, yaitu saluran pencernaan menuju ke saluran pembuluh darah (Yang et al., 2017). Absorpsi obat yang diberikan secara oral sangat ditentukan oleh berbagai faktor seperti keasaman lambung, pengosongan lambung, sekresi gastrointestinal (GI) dan juga metabolisme lintas pertama (*first pass effect*) yang terjadi. Faktor-faktor ini juga memengaruhi waktu yang dibutuhkan untuk mencapai konsentrasi plasma obat yang maksimal (Bansal et al., 2024).

Ketika obat diberikan secara oral atau enteral, penyerapan dapat terhambat secara signifikan di saluran pencernaan. Misalnya, ketika obat yang terbuat dari protein

diperkenalkan ke dalam saluran pencernaan, mereka dapat cepat dinonaktifkan oleh enzim saat melewati lambung dan duodenum. Jika sebagian obat diserap dari usus ke dalam aliran darah, sebagian dari bagian yang diserap mungkin diuraikan oleh enzim pada hati, sedangkan bagian yang tersisa masuk ke dalam sirkulasi umum. Bagian obat yang masuk ke sirkulasi umum akan menjadi terikat protein (dan karenanya tidak aktif) atau tetap bebas untuk bersirkulasi dan menciptakan aksi pada reseptor. Proses keseluruhan yang mengakibatkan penurunan konsentrasi obat aktif yang tersedia dalam sirkulasi individu dikenal sebagai *first pass effect* (Eliminasi lintas pertama) (Ernstmeyer K, 2023).

Obat yang diberikan melalui rute non-enteral seperti sublingual, intramuskular, subkutan, inhalasi, dan intravaskular memiliki variabilitas penyerapan yang sangat tergantung pada rute obat diberikan. Penyerapan pada rute sublingual dianggap sangat bervariasi dan cenderung kurang disukai karena penyerapan yang tidak pasti dan tidak terkontrol (Bansal et al., 2024). Sedangkan pada pemberian obat secara intravena, tidak memerlukan absorpsi karena obat langsung diberikan pada saluran pembuluh darah. Dalam beberapa kasus, obat diberikan langsung ke lokasi efeknya, sehingga absorpsi ke dalam plasma tidak diperlukan untuk efek terapeutik obat, misalnya, inhalasi aerosol bronkodilator untuk mengobati asma. Kecepatan dan tingkat penyerapan setelah rute pemberian tertentu bergantung pada faktor obat dan pasien (Chillistone & Hardman, 2017).

Mekanisme absorpsi obat dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu:

a. Difusi pasif

Mekanisme penyerapan obat yang paling umum adalah difusi pasif. Proses ini dapat dijelaskan melalui hukum difusi Fick, dimana molekul obat bergerak sesuai dengan gradien konsentrasi dari konsentrasi yang lebih tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah hingga mencapai keseimbangan. Difusi pasif dapat terjadi di lingkungan berair. Difusi berair terjadi di kompartemen berair tubuh, seperti ruang interstisial atau pori-pori berair di endotel pembuluh darah. Obat yang terikat pada albumin atau protein plasma besar lainnya tidak dapat menembus sebagian besar pori berair. Di sisi lain, difusi lipid terjadi melalui kompartemen lipid tubuh. Oleh karena itu, hal ini dianggap sebagai faktor terpenting untuk permeabilitas obat karena jumlah penghalang lipid yang lebih banyak yang memisahkan kompartemen tubuh. Koefisien partisi lipid-air obat digunakan untuk menentukan seberapa cepat obat berpindah antara medium lipid dan air (Alagga et al., 2021).

Difusi pasif berbanding lurus dengan gradien konsentrasi obat antara dua kompartemen yang berdekatan, ketebalan penghalang, dan kemampuan obat untuk larut ke dalam penghalang berupa membran lipid yang memisahkan kedua kompartemen. Oleh karena itu, derajat ionisasi dan kelarutan lipid akan mempengaruhi transfer obat secara pasif (Rosania & Editors, 2021).

b. Transport/difusi aktif:

Mekanisme penyerapan lainnya adalah melalui transporter membran yang dimediasi oleh pembawa.

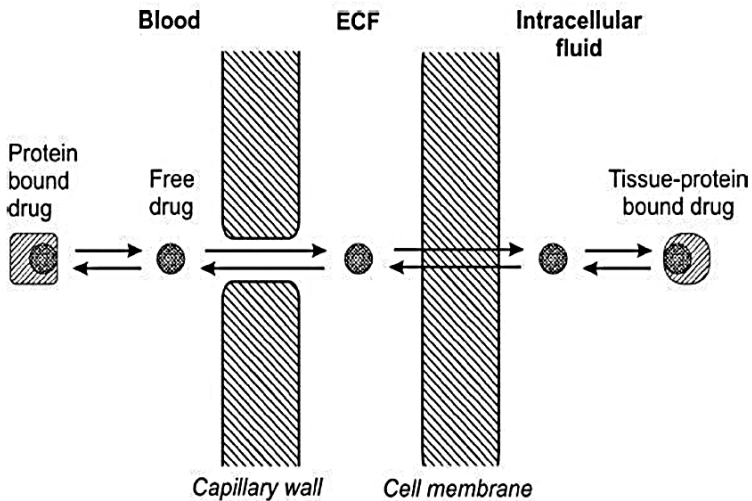
Sistem transportasi membran yang dimediasi oleh banyak pembawa khusus terdapat dalam tubuh untuk mengangkut ion dan nutrisi. Difusi aktif adalah proses yang membutuhkan energi dan sangat penting untuk penyerapan GI; serta ekskresi ginjal dan empedu dari banyak obat. Proses ini memfasilitasi penyerapan beberapa obat yang tidak larut dalam lipid, yang meniru metabolit fisiologis alami seperti 5-fluorourasil, melalui saluran pencernaan. Berbeda dengan difusi pasif, difusi aktif memungkinkan pergerakan obat dari daerah dengan konsentrasi obat rendah ke daerah dengan konsentrasi obat lebih tinggi. Dalam difusi aktif, pembawa mengikat untuk membentuk kompleks dengan obat. Kompleks ini memfasilitasi transportasi obat melintasi membran dan kemudian terdisosiasi di sisi lainnya. Molekul pembawa mungkin sangat spesifik terhadap molekul obat. Berbagai obat dengan struktur serupa dapat bersaing satu sama lain untuk pengangkut di tempat penyerapan. Karena hanya ada sedikit molekul pembawa yang tersedia, tempat pengikatan pada pembawa mungkin menjadi jenuh jika konsentrasi obat tinggi, dimana peningkatan dosis tidak memengaruhi konsentrasi obat (Alagga et al., 2021). Transport aktif perpindahan obat menembus membran yang dimediasi oleh transporter yang bergantung pada adenosin trifosfat (ATP) sebagai sumber energi untuk mentransfer molekul obat melintasi membran biologis. Ada beberapa hal penting dari mekanisme ini, termasuk saturasi, selektivitas struktural, dan ketergantungan ATP (Behl, 2021).

c. Difusi terfasilitasi

Difusi terfasilitasi adalah sistem transpor lain yang tampaknya memainkan peran kecil dalam penyerapan obat. Sistem ini mirip dengan sistem difusi aktif karena keduanya dapat jenuh, menunjukkan selektivitas obat, dan kinetika kompetisi. Difusi fasilitatif membutuhkan energi, namun tidak seperti transpor aktif, pada difusi terfasilitasi tidak memungkinkan pergerakan melawan gradien konsentrasi (Alagga et al., 2021).

2. Distribusi Obat

Distribusi obat merujuk pada proses pergerakan obat melalui tubuh dari sirkulasi pusat ke berbagai kompartemen tubuh. Faktor-faktor seperti pH, ukuran dan komposisi kompartemen, kelarutan lipid, tingkat protein plasma, ikatan protein jaringan, permeabilitas membran, aliran darah, dan status hemodinamik mempengaruhi pergerakan obat (dari kompartemen intravaskular ke kompartemen ekstrasvaskular). Ruang intravaskular adalah kompartemen sentral dari mana obat didistribusikan dengan kecepatan lebih tinggi ke jantung, ginjal, dan hati, tetapi dengan kecepatan lebih lambat ke otak, jaringan lemak, dan otot. Obat kembali dari kompartemen perifer ke kompartemen sentral untuk eliminasi. Distribusi obat berlangsung hingga tercapai keseimbangan antara fraksi obat yang tidak terikat dalam plasma dan cairan jaringan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3. Distribusi obat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti volume distribusi, komposisi tubuh, perfusi jaringan, dan ikatan protein (Bansal et al., 2024).



Gambar 5.3 Skema Langkah-langkah yang Terlibat dalam Distribusi Obat

Sumber: Shaheed et al. (2011)

Distribusi obat yang terdapat dalam sirkulasi sistemik ke jaringan ekstrasvaskular melibatkan langkah-langkah berikut:

- a. Permeasi obat bebas atau tidak terikat yang terdapat dalam darah melalui dinding kapiler (terjadi dengan cepat) dan masuk ke cairan *interstisial/ekstraseluler* (ECF).
- b. Penetrasi obat yang terdapat dalam ECF melalui membran sel jaringan dan masuk ke dalam cairan intraseluler. Langkah ini merupakan langkah pembatas kecepatan dan bergantung pada dua faktor utama yaitu kecepatan perfusi ke jaringan ekstraseluler dan kemampuan permeasi membran obat.

Protein Binding

Banyak obat menumpuk dalam jaringan pada konsentrasi yang lebih tinggi daripada konsentrasi dalam cairan ekstraseluler dan darah. Misalnya, selama pemberian jangka panjang obat antimalaria quinacrine, konsentrasi obat dalam hati dapat mencapai ribuan kali lebih tinggi daripada konsentrasi dalam darah. Penumpukan semacam ini dapat disebabkan oleh transportasi aktif. Pengikatan obat pada jaringan biasanya terjadi dengan komponen lain seperti protein, fosfolipid, atau protein nukleus dan umumnya bersifat reversibel. Sebagian besar obat dalam tubuh mungkin terikat dengan cara ini dan berfungsi sebagai cadangan yang memperpanjang aksi obat di jaringan yang sama atau di lokasi jauh yang dicapai melalui sirkulasi (laurence L. Brunton., John S. Lazo., 2006).

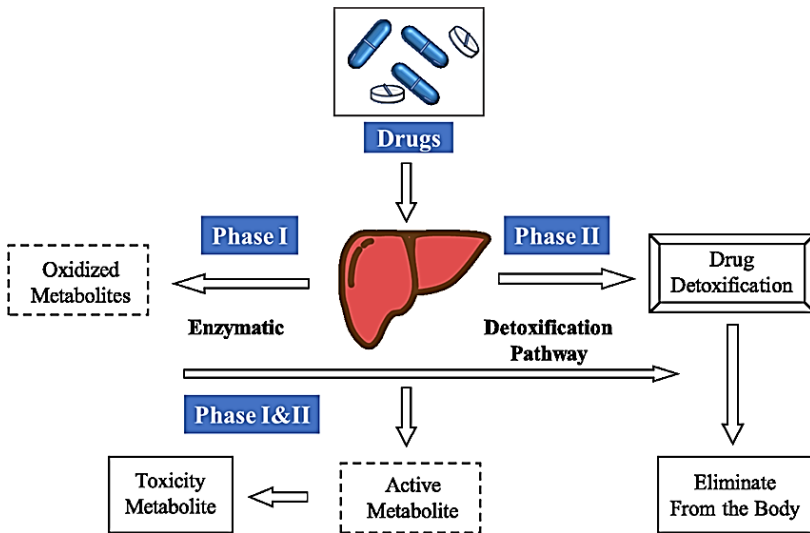
3. Metabolisme

Metabolisme atau proses biotransformasi adalah proses perubahan obat oleh tubuh menjadi senyawa-senyawa berikutnya. Hal ini sering digunakan untuk mengubah obat menjadi senyawa yang lebih larut dalam air yang akan diekskresikan melalui ginjal atau, dalam kasus pemberian *prodrug* seperti kodein, metabolisme mungkin diperlukan untuk mengubah obat menjadi metabolit aktif (Alcorn & McNamara, 2003).

Metabolisme adalah proses mengubah senyawa xenobiotik yang umumnya lebih lipofilik menjadi metabolit hidrofilik; menghilangkan efek farmakologis obat (untuk menentukan durasi aksi), mengubah *prodrug* menjadi obat yang aktif; mengubah obat aktif menjadi metabolit yang lebih aktif (memperpanjang efek obat); mengubah obat menjadi metabolit beracun; atau mengubah obat menjadi

rantai obat aktif (misalnya; diazepam) yang dapat diekskresikan dari tubuh melalui ekskresi (Loftsson, 2015).

Metabolit dapat lebih atau kurang (*prodrug*) aktif daripada obat asal. Hati adalah sumber utama enzim sitokrom (enzim P450) yang sangat berperan dalam proses metabolisme meskipun enzim ini juga dapat ditemukan di saluran pencernaan, jantung, paru-paru, otak, dan ginjal. Jalur umum terjadinya proses metabolisme obat dalam tubuh dapat dilihat pada gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Jalur Umum Proses Metabolisme Obat dalam Tubuh

Sumber: Wang et al. (2020)

Proses biotransformasi hepatic ada dua jenis, yang diidentifikasi sebagai reaksi Fase I dan Fase II. Reaksi Fase I biasanya mengubah obat induk menjadi metabolit yang lebih polar dengan memperkenalkan atau membuka gugus fungsi polar sebagai persiapan untuk ekskresi atau

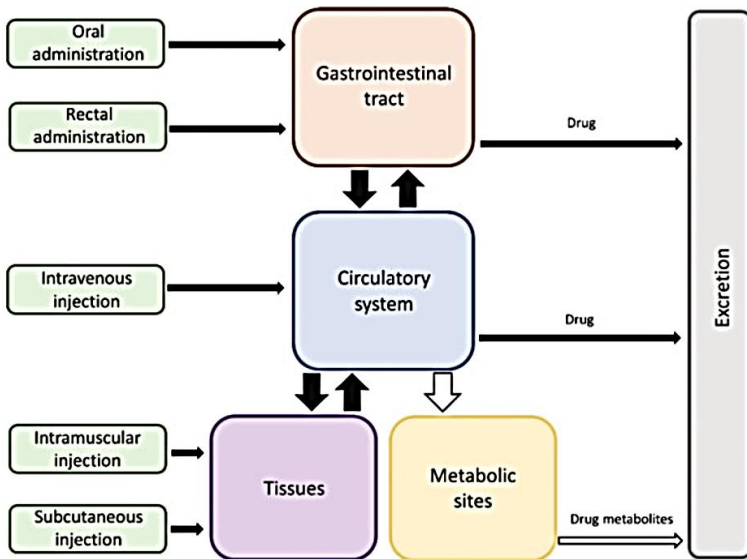
metabolisme lebih lanjut melalui jalur Fase II. Dalam metabolisme obat, fase 2 (juga dikenal sebagai "reaksi konjugasi") melibatkan molekul obat yang telah diubah atau belum diubah pada fase 1 (fase fungsionalisasi) dengan molekul endogen yang relatif polar. Konjugasi ini meningkatkan kelarutan air metabolit obat, yang membuatnya lebih mudah dikeluarkan dari tubuh (Crouse, E. L., & Leung, 2023).

4. Ekskresi

Ekskresi atau eliminasi obat adalah proses dimana obat dikeluarkan dari tubuh. Ginjal umumnya berperan sebagai organ utama yang bertanggung jawab dalam proses ekskresi obat, tetapi untuk obat tertentu, ekskresi dapat terjadi juga melalui paru-paru (untuk obat-obatan volatil/gas), kulit, atau saluran pencernaan. Di ginjal, obat dapat dikeluarkan melalui filtrasi pasif di glomerulus atau sekresi di tubulus, yang dapat menjadi lebih rumit karena terjadinya reabsorpsi pada beberapa senyawa. Ekskresi adalah hilangnya zat secara irreversibel dari sistem. Dalam kebanyakan kasus, semua bahan terkait obat, termasuk obat induk dan metabolitnya, akhirnya dikeluarkan dari tubuh.

Proses metabolisme dan ekskresi secara bersamaan membentuk strategi eliminasi obat dalam tubuh. Proses ini dapat terjadi secara paralel (sebagian dosis yang diberikan mungkin diekskresikan sebagai molekul obat yang tidak berubah, sementara pada saat yang sama, sebagian lainnya mengalami metabolisme sebelum diekskresikan), atau, dalam beberapa kasus (misalnya, obat lipofilik), metabolisme obat menjadi prasyarat agar ekskresi obat dapat terjadi (Talevi & Bellera, 2018) (Gambar 5.5).

Ekskresi umumnya terjadi melalui fungsi ginjal (urin) atau hati (empedu/feses), tetapi obat juga dapat diekskresikan melalui keringat (untuk obat yang larut dalam lemak atau lipofilik), air mata, atau napas. Obat-obatan non-polar tertentu, jika larut dalam lemak, diekskresikan melalui kelenjar keringat atau kulit tanpa metabolisme. Obat-obatan non-polar diekskresikan dalam bentuk yang tidak berubah. Ekskresi obat atau zat kimia dari tubuh dapat terjadi melalui paru-paru (untuk obat-obatan volatil/gas), usus, ginjal, dan empedu (untuk obat-obatan dengan ukuran molekul besar).



Gambar 5.5 Diagram yang Menggambarkan Rute Ekskresi Obat yang Berbeda

Sumber: Talevi & Bellera (2018)

Ekskresi ginjal merupakan jalur utama untuk eliminasi sebagian besar obat-obatan larut air atau metabolitnya, sehingga perubahan fungsi ginjal dapat memiliki dampak signifikan pada klirens dan waktu paruh obat. Misalnya, penurunan fungsi ginjal akan menyebabkan konsentrasi obat dalam serum meningkat seiring waktu selama obat diberikan, yang dapat menyebabkan peningkatan efek farmakologis obat.

Ekskresi obat dan metabolit dalam urine melibatkan tiga proses yang berbeda yaitu filtrasi di glomerulus, sekresi tubular aktif, dan reabsorpsi tubular pasif. Perubahan dalam fungsi ginjal secara keseluruhan umumnya memengaruhi ketiga proses tersebut dengan tingkat yang serupa. Bahkan pada orang sehat, fungsi ginjal tidak konstan. Pada bayi baru lahir, fungsi ginjal rendah dibandingkan dengan massa tubuh tetapi berkembang dengan cepat dalam beberapa bulan pertama setelah kelahiran. Selama masa dewasa, terjadi penurunan perlahan dalam fungsi ginjal, sekitar 1% per tahun, sehingga pada pasien lansia, gangguan fungsi yang signifikan mungkin terjadi. Pada laju filtrasi glomerulus dan tingkat ikatan plasma obat; hanya obat yang tidak terikat yang difiltrasi. Di tubulus ginjal proksimal, sekresi tubulus aktif yang dimediasi oleh carrier juga dapat menambah obat ke cairan tubulus.

Banyak faktor-faktor yang memengaruhi ekskresi obat seperti disfungsi ginjal yang dapat memperpanjang waktu paruh obat tertentu sehingga memerlukan penyesuaian dosis. Faktor usia juga dapat berkontribusi pada perbedaan kecepatan ekskresi dan memengaruhi penentuan dosis obat. Selain itu, penyakit yang memengaruhi aliran darah ginjal seperti gagal jantung

kongestif dan penyakit hati juga dapat membuat ekskresi obat menjadi kurang efisien (Gudisa Bereda, 2022).

C. Farmakodinamika

Farmakodinamika berkaitan dengan studi tentang efek biokimia dan fisiologis obat serta mekanisme kerjanya. Analisis mendalam tentang mekanisme kerja obat dapat menjadi dasar untuk penggunaan terapeutik yang rasional dari suatu obat dan desain agen terapeutik baru yang lebih unggul. Penelitian dasar dalam farmakodinamika juga memberikan wawasan fundamental tentang regulasi biokimia dan fisiologis.

Farmakodinamika adalah cabang fundamental dari farmakologi yang mempelajari bagaimana obat berinteraksi dengan organisme hidup untuk menimbulkan efeknya. Ini adalah bidang yang kompleks dan penting yang memainkan peran kunci dalam pengembangan obat, praktik klinis, dan pemahaman kita tentang interaksi yang rumit antara kimia dan biologi (Marcus, 2023)

1. Prinsip-Prinsip Utama Farmakodinamika

Beberapa prinsip utama pada proses farmakokinetika adalah sebagai berikut:

a. Hubungan dosis-respons:

Prinsip inti dalam farmakodinamika adalah konsep hubungan dosis-respons. Prinsip ini menyatakan bahwa besarnya efek obat berbanding lurus dengan dosis atau konsentrasinya. Prinsip ini membantu menentukan dosis terapeutik optimal sambil meminimalkan efek samping (Marcus, 2023).

b. Teori reseptor:

Reseptor adalah protein atau struktur molekuler yang berinteraksi dengan obat untuk menghasilkan efeknya. Teori reseptor menjelaskan bagaimana obat berikatan dengan reseptor ini, yang mengakibatkan respons fisiologis yang beragam. Pemahaman tentang jenis reseptor dan distribusinya sangat penting dalam desain obat.

c. Efektivitas dan potensi:

Efektivitas merujuk pada efek maksimal yang dapat dihasilkan oleh obat, sementara potensi berkaitan dengan dosis yang diperlukan untuk mencapai efek tertentu. Parameter ini membantu membandingkan dan memilih obat untuk situasi klinis spesifik (Marcus, 2023).

d. Efikasi dan Potensi:

Efikasi mengacu pada efek maksimal yang dapat dihasilkan oleh suatu obat, sedangkan potensi berkaitan dengan dosis yang diperlukan untuk mencapai efek tertentu. Parameter-parameter ini membantu membandingkan dan memilih obat untuk situasi klinis tertentu (Marcus, 2023).

e. Mekanisme kerja:

Obat dapat memberikan efeknya melalui berbagai mekanisme, seperti agonisme (aktivasi reseptor), antagonisme (penghambatan reseptor), penghambatan enzim, dan modulasi saluran ion. Setiap mekanisme memiliki implikasi unik untuk kerja obat (Marcus, 2023).

Dua sifat farmakodinamik utama suatu obat adalah efek maksimum (E_{max}) dan konsentrasi yang menghasilkan 50% dari efek maksimum (C_{50}). C_{50} juga dikenal sebagai EC_{50} dan lebih disukai untuk memperjelas bahwa ini adalah konsentrasi dan bukan parameter efek yang diskalakan (Holford, 2017).

Salah satu cara membandingkan potensi obat adalah berdasarkan nilai EC_{50} . Ketika dua obat diuji pada individu yang sama, obat dengan EC_{50} yang lebih rendah akan dianggap lebih kuat. Ini berarti bahwa jumlah obat yang lebih sedikit namun lebih kuat diperlukan untuk mencapai efek yang sama dengan obat yang kurang kuat. Namun, EC_{50} tidak menunjukkan penentu penting lainnya dari respons obat, seperti durasi efek. Durasi efek ditentukan oleh serangkaian faktor kompleks, termasuk waktu obat berikatan dengan reseptor serta pensinyalan intraseluler.

Model farmakodinamik secara rutin digunakan selama pengembangan obat, dimana mereka digunakan untuk menentukan rejimen dosis obat. Model-model ini bisa menjadi cukup kompleks, terutama jika itu adalah model berbasis mekanisme. Meskipun model farmakodinamik dapat melibatkan banyak submodel matematika yang saling terkait, ini bukanlah jenis model yang kemungkinan akan berguna dalam pengaturan klinis. Prinsip-prinsip yang mendasari model E_{max} yang relatif sederhana seringkali memadai. Secara matematis, persamaan yang menghubungkan efek dan konsentrasi dapat dijelaskan dengan persamaan E_{max} :

$$\text{Efek} = \frac{E_{maks} \times \text{Konsentrasi}}{EC_{50} + \text{Konsentrasi}}$$

Parameter model ini adalah Emax dan EC50. Emax mewakili efek maksimal yang dapat dicapai karena obat tersebut. EC50 adalah konsentrasi di mana setengah efek maksimal diamati; ini adalah ukuran potensi obat. Fitur penting dari plot ini menegaskan kembali gagasan bahwa meningkatkan dosis obat ke jumlah yang lebih tinggi dan lebih tinggi tidak meningkatkan efek obat secara proporsional. Pada dasarnya, hukum hasil yang semakin berkurang berlaku bahwa peningkatan efek yang terus-menerus lebih kecil diamati seiring dengan peningkatan konsentrasi. Secara praktis, jika konsentrasi obat diperkirakan berada pada EC50 atau lebih rendah, meningkatkan dosis akan menghasilkan peningkatan efek yang signifikan. Namun, jika konsentrasi melebihi EC50, peningkatan dosis mungkin tidak diperlukan, karena hanya sedikit peningkatan efek yang dapat diharapkan, dan konsentrasi yang meningkat dapat menempatkan pasien pada risiko pengembangan efek samping terkait obat (Phelps & Mann, 2023).

2. Aplikasi klinis

Farmakodinamik memainkan peran penting dalam berbagai hal yaitu:

- a. Pengembangan obat: Memahami farmakodinamik sangat penting untuk merancang obat yang efektif dan aman. Para peneliti menggunakan studi praklinis untuk menjelaskan mekanisme kerja dan potensi terapeutik suatu obat.
- b. Farmakologi klinis: Farmakodinamika memandu rejimen dosis dan membantu klinisi menyesuaikan terapi obat untuk pasien individu. Ini juga

membantu dalam memantau efektivitas pengobatan dan menyesuaikan dosis sesuai kebutuhan.

- c. Toksikologi: Pemahaman tentang farmakodinamik sangat penting dalam menilai toksisitas obat dan menentukan rentang dosis yang aman. Toksikolog mempelajari bagaimana obat berinteraksi dengan sistem biologis untuk mengidentifikasi potensi risiko.
- d. Pengobatan yang lebih presisi (*Precision medicine*): Kemajuan dalam farmakodinamik telah membuka jalan bagi pengembangan obat secara lebih presisi, dimana pengobatan disesuaikan dengan karakteristik genetik dan fisiologis pasien. Pendekatan ini dapat memaksimalkan manfaat terapeutik sekaligus meminimalkan efek samping (Marcus, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Alagga, A. A., Gupta, V., Abdulrahman, I., Faisal, B., & Arabia, S. (2021). *Drug Absorption*.
- Alcorn, J., & McNamara, P. J. (2003). Pharmacokinetics in the newborn. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 55(5), 667–686. [https://doi.org/10.1016/S0169-409X\(03\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0169-409X(03)00030-9)
- Bansal, N., Momin, S., Bansal, R., Venkata, S. K. R. G., Ruser, L., & Yusuf, K. (2024). Pharmacokinetics of drugs: newborn perspective. *Pediatric Medicine*, 7(January 2023). <https://doi.org/10.21037/pm-22-11>
- Behl, T. (2021). *The Interplay of ABC Transporters in A β Translocation and Cholesterol Metabolism : Implicating Their Roles in Alzheimer 's Disease*. 1564–1582.
- Crouse, E. L., & Leung, J. G. (2023). *Pharmacokinetics, Pharmacodynamics, and Principles of Drug-Drug Interaction* (pp. 1–49). <https://doi.org/10.1515/9783110800487.39>
- Ernstmeyer K, C. E. (2023). *Nursing Pharmacology-2e*.
- Gudisa Bereda. (2022). What the Drugs Does to the Body: Pharmacodynamics. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 10(12), 316–329. <https://doi.org/10.17265/2328-2150/2022.12.002>
- Holford, N. (2017). Pharmacodynamic principles and the time course of immediate drug effects. *Translational and Clinical Pharmacology*, 25(4), 157–161. <https://doi.org/10.12793/tcp.2017.25.4.157>
- laurence L. Brunton., John S. Lazo., K. L. parker. (2006). the pharmacological basis of pharmaceutics. In *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents* (11th ed., Vol. 7, Issue 2). McGraw-Hill.

- Loftsson, T. (2015). Physicochemical Properties and Pharmacokinetics. *Essential Pharmacokinetics*, 85–104. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801411-0.00003-2>
- Loucks, J., Yost, S., & Kaplan, B. (2015). An introduction to basic pharmacokinetics. *Transplantation*, 99(5), 903–907.
<https://doi.org/10.1097/TP.0000000000000754>
- Marcus, B. (2023). *Biochemistry & Pharmacology: Open Access Principles and Mechanism of Pharmacodynamics*. 12(1000330), 1–2.
<https://doi.org/10.35248/2167-0501.23.12.330>
- Phelps, M. A., & Mann, H. J. (2023). General principles of pharmacokinetics and pharmacodynamics. In *Textbook of Critical Care* (pp. 1115.e1-1123.e1). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-75929-8.00148-9>
- Rosania, G. R., & Editors, G. M. T. (2021). *Quantitative Analysis of Cellular Drug Transport, Disposition, and*
- Shaheed, A., Ajit, B., Jujhar, S., & Memorial, S. (2011). “*The Pioneer Pharmacy Institute In Punjab*” COLLEGE OF PHARMACY.
- Talevi, A., & Bellera, C. L. (2018). Drug Excretion. *ADME Processes in Pharmaceutical Sciences: Dosage, Design, and Pharmacotherapy Success*, 81–96.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-99593-9_5
- Wang, D., Liu, W., Shen, Z., Jiang, L., Wang, J., Li, S., & Li, H. (2020). Deep learning based drug metabolites prediction. *Frontiers in Pharmacology*, 10(January), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01586>

BAB 6

KIMIA FARMASI: STRUKTUR, SINTESIS, DAN ANALISIS OBAT

Oleh apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm.

A. Pendahuluan

Kimia farmasi adalah cabang ilmu farmasi yang mempelajari hubungan antara struktur molekul obat dengan sifat fisikokimia, farmakokinetik, farmakodinamik, serta aktivitas biologisnya. Disiplin ini berperan penting dalam proses penemuan dan pengembangan obat melalui pemahaman struktur (gugus fungsi, kerangka molekul), sintesis dan modifikasi molekul, serta analisis dan kontrol mutu (Harrold and Zavod, 2018; Troy, 2005). Struktur kimia menentukan sifat fisikokimia obat, yang selanjutnya memengaruhi penyerapan, distribusi, metabolisme, ekskresi, dan toksisitas (ADME/Tox), serta aktivitas farmakologinya. Oleh karena itu, perancangan obat modern memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup desain molekul, optimasi sifat *drug-likeness*, dan validasi metode analisis.

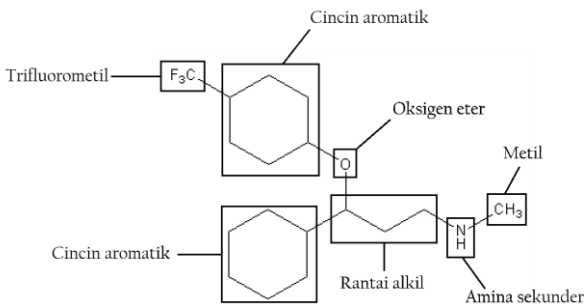
B. Struktur Obat

1. Gugus Fungsi dan Peranannya

Gugus fungsi adalah bagian spesifik dari molekul yang menentukan sifat kimia dan biologis suatu obat. Setiap atom dalam struktur obat adalah bagian dari gugus fungsi

yang dapat memengaruhi kelarutan, interaksi dengan target, mekanisme aksi, metabolisme, dan potensi efek samping (Harrold and Zavod, 2018).

Gugus fungsi adalah bagian spesifik dari molekul yang menentukan sifat kimia dan biologis suatu obat. Setiap atom dalam struktur obat adalah bagian dari gugus fungsi yang dapat memengaruhi kelarutan, interaksi dengan target, mekanisme aksi, metabolisme, dan potensi efek samping. Contohnya, penambahan gugus metil pada bethanechol memberikan selektivitas terhadap reseptor muskarinik, menghambat degradasi oleh asetilkolinesterase, dan memungkinkan pemberian oral. Selain itu, modifikasi gugus fungsi dapat meningkatkan bioavailabilitas, seperti perubahan gugus hidroksil menjadi ester valin pada asiklovir untuk menghasilkan valasiklovir dengan absorpsi oral yang lebih baik. Berikut contoh molekul obat yang tersusun atas tujuh gugus fungsi spesifik. Fluoxetine, suatu antidepresan yang bekerja dengan menghambat secara selektif reuptake serotonin (Harrold and Zavod, 2018).



Gambar 6.1 Struktur Antidepresan Fluoxetine dengan Tujuh Macam Gugus Fungsi

Sumber: Harrold and Zavod (2018)

Dari sudut pandang kimia farmasi, gugus fungsi memberikan sifat dan perilaku spesifik yang memungkinkan molekul obat mengekspresikan efek farmakodinamik dan farmakokinetiknya. Pada suatu molekul obat, gugus fungsi berperan penting dalam menentukan:

- a. Kelarutan total dalam air maupun lipid.
- b. Jalur atau rute pemberian obat.
- c. Kemampuan berinteraksi dengan target biologis tertentu.
- d. Mekanisme kerja obat.
- e. Jalur metabolisme dan eliminasi.
- f. Durasi aksi obat.
- g. Kesesuaian untuk kondisi terapeutik tertentu.
- h. Potensi menimbulkan efek samping atau interaksi obat.

2. Pengaruh Gugus Fungsi terhadap Sifat Fisikokimia dan Farmakologi

Gugus fungsi pada molekul obat memegang peranan penting dalam menentukan sifat fisikokimia dan aktivitas farmakologisnya. Gugus polar seperti $-OH$, $-NH_2$, dan $-COOH$ umumnya meningkatkan kelarutan dalam air, sedangkan gugus lipofilik seperti $-CH_3$ dan cincin aromatik meningkatkan kelarutan dalam lipid. Kehadiran gugus alkil atau aromatik juga dapat meningkatkan lipofilisitas, yang berpengaruh terhadap afinitas obat terhadap membran lipid, sehingga mempengaruhi proses absorpsi oral dan distribusi. Dari segi kestabilan, beberapa gugus tertentu dapat memperkuat atau melemahkan kestabilan kimia,

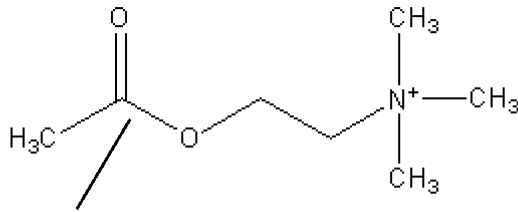
misalnya ester yang lebih mudah terhidrolisis dibandingkan amida.

Selain sifat fisikokimia, modifikasi gugus fungsi dapat memengaruhi aktivitas farmakologis, seperti peningkatan selektivitas terhadap reseptor tertentu contohnya penambahan gugus metil pada bethanechol yang menghasilkan selektivitas terhadap reseptor muskarinik sekaligus ketahanan terhadap degradasi enzim. Perubahan gugus fungsi juga dapat meningkatkan bioavailabilitas, seperti pengubahan -OH menjadi ester pada asiklovir yang menghasilkan valasiklovir dengan absorpsi oral lebih baik, serta memodifikasi potensi dan efikasi obat secara keseluruhan.

Tabel 6.1 Contoh Pengaruh Gugus Fungsi pada Obat

Gugus Fungsi	Obat	Efek Utama
-OH (Hidroksil)	Morfin	Meningkatkan kelarutan air, memudahkan konjugasi fase II
-CH₃ (Metil)	Bethanechol	Meningkatkan selektivitas reseptor dan resistensi terhadap degradasi
-COOH (Karboksilat)	Asam salisilat	Memberikan sifat asam, meningkatkan interaksi ionik
Ester	Prokain	Mudah dihidrolisis, digunakan untuk obat kerja singkat
Amida	Lidokain	Lebih stabil dibanding ester, durasi aksi lebih panjang
Halogen (Cl, F)	Fluorourasil	Meningkatkan lipofilisitas, mempengaruhi permeabilitas membran

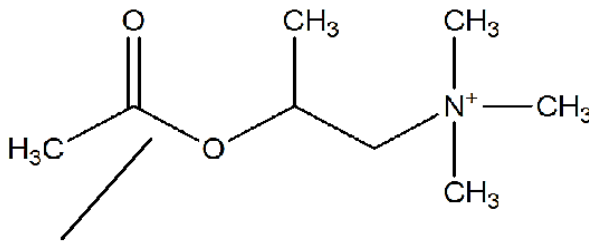
Sumber: Harrold and Zavod (2018)



Asetilkolin: Hidrolisis Ester berlangsung cepat

Gambar 6.2 Asetilkolin tanpa Gugus Metil

Sumber: Harrold and Zavod (2018)



Bethanechol: Keberadaan metil berdekatan dengan ester, menghalangi hidrolisis

Gambar 6.3 Bethanechol dengan Gugus Metil

Sumber: Harrold and Zavod (2018)

Metabolisme obat terjadi melalui interaksi antara molekul obat dengan situs aktif enzim yang mengkatalisis reaksinya. Salah satu strategi yang digunakan untuk menghambat atau memperlambat jalur metabolisme tertentu adalah hambatan sterik (*steric hindrance*), yaitu penambahan atom atau gugus substituen di sekitar gugus fungsi yang menjadi target metabolisme. Penambahan ini menghalangi pengikatan enzim pada molekul obat,

sehingga mengurangi atau mencegah terjadinya reaksi metabolic (Harrold and Zavod, 2018).

Contoh penerapannya dapat dilihat pada bethanechol, turunan dari asetilkolin. Penambahan gugus metil di dekat gugus ester pada bethanechol menghalangi enzim asetilkolinesterase untuk memutus ikatan ester tersebut. Akibatnya, bethanechol lebih tahan terhadap degradasi enzimatik dan memiliki durasi kerja lebih lama dibandingkan asetilkolin, sehingga memberikan keuntungan farmakokinetik dalam terapi. (Harrold and Zavod, 2018).

C. Sintesis dan Modifikasi Obat

Modifikasi molekul (*molecular modification*) adalah teknik mengubah struktur molekul obat yang sudah dikenal untuk meningkatkan sifat fisik, kimia, atau farmakologinya. Modifikasi dapat bertujuan untuk meningkatkan potensi, kelarutan, selektivitas, atau menurunkan efek samping (Nadendla and Yemini, 2023).

Sifat “drug-likeness” mencakup kombinasi karakteristik fisikokimia dan biologis yang mendukung keberhasilan klinis. Analisis terhadap obat yang telah disetujui menunjukkan beberapa pola umum:

- a. Jumlah cincin aromatik optimal: 2
- b. Jumlah cincin non-aromatik optimal: 1
- c. Gugus fungsi yang sering dijumpai: -OH, -COOR, -COOH
- d. Gugus yang jarang digunakan: -SH, -SO₃H

- e. Proporsi atom berat ideal: 0,10–0,35, dengan nilai lebih rendah untuk obat sistem saraf pusat.

Pemenuhan kriteria ini dapat meningkatkan kemungkinan kandidat obat bertahan hingga tahap uji klinis (Mao et al., 2016).

1. Pendekatan

Strategi pendekatan modifikasi meliputi meliputi:

- a. *Molecular Disjunction*: pemutusan bagian molekul untuk menyederhanakan struktur tanpa menghilangkan aktivitas. Misalnya, modifikasi estradiol menghasilkan trans-diethylstilbestrol yang tetap aktif sebagai estrogen.
- b. *Molecular Conjunction*: penggabungan dua molekul atau lebih, baik identik maupun berbeda, melalui penambahan gugus, replikasi, atau hibridisasi. Penambahan gugus hidroksil dapat meningkatkan kelarutan air, sedangkan penambahan gugus lipofilik dapat meningkatkan afinitas terhadap target.
- c. Pendekatan Khusus: termasuk pembukaan atau penutupan cincin, homologasi, penggantian isosterik, pengenalan pusat kiral, atau penghilangan atom/gugus yang tidak berperan dalam ikatan target.

Strategi-strategi ini tidak hanya digunakan pada senyawa sintetis tetapi juga pada senyawa produk alam yang menjadi *lead compound* dalam penemuan obat (Nadendla and Yemineni, 2023).

2. Optimalisasi Produk Bahan Alam

Produk alam menyediakan keragaman struktur yang unik, seperti artemisinin yang mengandung ikatan peroksida dan sistem trikiklik jembatan, atau paclitaxel dengan kerangka tetrasiklik yang kompleks. Namun, sering kali struktur kompleks ini menimbulkan kendala sintesis, toksisitas, atau profil farmakokinetik yang kurang ideal. Modifikasi struktur dilakukan untuk menghilangkan atom atau gugus yang tidak berperan ("*redundant atoms*"), memperbaiki kelarutan, meningkatkan stabilitas kimia dan metabolik, serta mengoptimalkan interaksi dengan target biologis. Teknologi modern seperti bioinformatika, kecerdasan buatan (AI), dan pemodelan farmakofor mempercepat proses ini (Ding & Xue, 2024).

D. Analisis Obat

Analisis obat merupakan proses ilmiah yang bertujuan memastikan identitas, kemurnian, kualitas, dan kuantitas suatu bahan obat atau sediaan farmasi agar sesuai dengan standar keamanan, khasiat, dan mutu. Proses ini dilakukan mulai dari pengujian bahan baku, produk antara, hingga produk jadi, serta menjadi bagian penting dalam pengendalian mutu selama produksi, penyimpanan, dan distribusi. Secara umum, metode analisis obat dapat diklasifikasikan menjadi metode klasik dan metode modern berbasis instrumen (Troy, 2005).

Metode klasik meliputi teknik analisis kimia basah yang sederhana, tidak memerlukan instrumen canggih, namun tetap andal untuk penentuan kadar maupun identifikasi zat:

1. Titrasi asam-basa: digunakan untuk menentukan kadar senyawa asam atau basa dengan mereaksikannya menggunakan larutan baku yang konsentrasinya diketahui, misalnya penetapan kadar natrium bikarbonat dalam sediaan.
2. Titrasi redoks: memanfaatkan reaksi oksidasi-reduksi untuk penentuan kadar, contohnya analisis vitamin C menggunakan larutan iodin.
3. Titrasi kompleksometri: mengandalkan pembentukan senyawa kompleks, umumnya menggunakan EDTA sebagai titran, misalnya penentuan kadar ion kalsium dan magnesium dalam larutan.
4. Titrasi argentometri: berbasis pembentukan endapan perak halida, sering digunakan untuk penentuan kadar ion klorida dalam sediaan garam.
5. Gravimetri: menentukan kadar dengan mengukur massa endapan yang dihasilkan dari reaksi kimia, contohnya penetapan kadar sulfat dalam bahan baku dengan pengendapan sebagai barium sulfat (Troy, 2005).

Metode modern berbasis instrumen dikembangkan untuk memperoleh akurasi, presisi, dan sensitivitas yang lebih tinggi. Beberapa teknik yang umum digunakan antara lain:

1. Kromatografi: seperti kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) untuk analisis kuantitatif (contoh: penetapan kadar parasetamol dalam tablet) dan kromatografi gas (GC) untuk senyawa volatil seperti minyak atsiri.
2. Spektroskopi: meliputi spektrofotometri UV-Vis untuk penentuan kadar senyawa yang memiliki serapan UV

(misalnya ibuprofen), spektroskopi inframerah (IR) untuk identifikasi gugus fungsi, NMR untuk elucidasi struktur molekul, serta spektrometri massa (MS) untuk penentuan massa molekul dan konfirmasi struktur.

3. Metode elektrokimia: seperti potensiometri untuk titrasi ion spesifik dan voltametri untuk analisis senyawa redoks aktif (contohnya vitamin C).
4. Teknik khusus: misalnya difraksi sinar-X (*X-ray crystallography*) untuk menentukan struktur kristal obat (Troy, 2005)

Dengan adanya klasifikasi ini, pemilihan metode analisis obat dapat disesuaikan dengan tujuan pengujian, sifat senyawa yang dianalisis, serta tingkat ketelitian yang diperlukan, sehingga hasil analisis dapat diandalkan dan sesuai standar farmakope.

DAFTAR PUSTAKA

- Ding, Y., Xue, X., (2024). *Medicinal Chemistry Strategies for the Modification of Bioactive Natural Products. Molecules*.
<https://doi.org/10.3390/molecules29030689>
- Harrold, M.W., Zavod, R.M., (2018). *Basic Concepts in Medicinal Chemistry Second Edition, Second Edition*. ed. American Society of Health System Pharmacist (ASHP), Canada.
- Mao, F., Ni, W., Xu, X., Wang, H., Wang, J., Ji, M., Li, J., (2016). *Chemical structure-related drug-like criteria of global approved drugs. Molecules* 21.
<https://doi.org/10.3390/molecules21010075>
- Nadendla, R., Yemineni, G., (2023). *Molecular Modification: A Strategy in Drug Discovery and Drug Design. Biomed J Sci Tech Res* 52.
<https://doi.org/10.26717/bjstr.2023.52.008220>
- Troy, D., (2005). *Remington: The Science and Practice of Pharmacy 21st Edition*. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia.

BAB 7

MIKROBIOLOGI FARMASI DAN STERILISASI

Oleh apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm., M.Farm.

A. Pendahuluan

Mikrobiologi merupakan cabang ilmu yang mempelajari tentang mikroorganisme dan menjadi salah satu ilmu pengetahuan yang menarik karena berfokus pada organisme yang bersifat mikroskopis dan mempelajari perannya dalam berbagai aspek kehidupan. Mikroorganisme tentunya memiliki perbedaan dari segi bentuk, ukuran, struktur, karakteristik, metabolisme dan lainnya yang akan mempengaruhi habitat mikroorganisme tersebut. Secara umum mikroorganisme dibedakan menjadi mikroorganisme bersel satu (uniseluler), bersel banyak (multiseluler) atau yang tidak memiliki sel (aseluler) seperti virus.

Karena ukurannya sangat kecil dan tidak dapat dilihat secara kasat mata, maka diperlukan alat yang dapat membantu kita dalam mengamati mikroorganisme yang kita kenal sebagai mikroskop. Mikroskop yang ditemukan pertama kali di akhir abad ke - 16 oleh dua pembuat kacamata asal Belanda yaitu Zacharias Janssen dan ayahnya Hans Janssen dan masih berupa perangkat dengan tabung dan lensa cembung di ujungnya yang memungkinkan perbesaran objek. Selanjutnya perangkat ini dikembangkan oleh ilmuwan asal Belanda bernama Antonie van

Leeuwenhoek pada abad ke - 17 yang membuat mikroskop berlensa tunggal dan memiliki perbesaran objek hingga 200 kali. Sehingga melalui mikroskopnya Leewenhoek menjadi orang pertama yang berhasil mengamati bakteri dan protozoa membuat berbagai penemuan penting di bidang mikrobiologi dan mendapat julukan sebagai “Bapak Mikroskop” atau “Bapak Mikrobiologi”. Beberapa ilmuwan lain seperti Galileo Galilei, Robert Hooke dan Ernst Ruska juga dikenal sebagai tokoh yang banyak berkontribusi pada perkembangan mikroskop. Hingga saat ini perangkat mikroskop masih terus dikembangkan dan semakin banyak jenis yang tersedia. Penemuan mikroskop memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap kemajuan di bidang mikrobiologi. Para ilmuwan dapat mengamati struktur sel mikroorganisme, mengklasifikasikan serta memanfaatkan mikroorganisme dalam berbagai aspek, seperti kesehatan, industri farmasi, dan teknologi pangan.

Seiring berjalannya waktu, mikrobiologi menjadi landasan dalam penemuan penting seperti antibiotik, vaksin dan rekayasa genetika. Selain itu proses biokimia, mikroba ekologi serta peran mikroorganisme dan siklus nutrisi dan dekomposisi menjadi pemicu perkembangan di bidang bioteknologi, bioinformatika dan penelitian serta pengembangan obat-obatan. Dengan pemahaman ini maka kita semakin menyadari bagaimana kehidupan mikroba yang kecil memiliki pengaruh yang besar dan menjadi salah satu faktor penting dalam berbagai aspek kehidupan.

Di bidang farmasi sendiri, pengetahuan tentang mikroorganisme menjadi sangat penting, khususnya dalam memastikan bahwa produk obat yang dikonsumsi masyarakat terbebas dari kontaminasi mikroba. Di sinilah mikrobiologi farmasi mengambil peran. Ilmu ini berfokus

pada studi mikroorganisme yang relevan dalam produksi obat, keamanan produk, serta pengujian mutu dan sterilitas. Seiring dengan meningkatnya tuntutan terhadap kualitas produk farmasi, praktik pengendalian kontaminasi mikroba menjadi aspek yang tidak bisa diabaikan.

Sterilisasi erat kaitannya dengan pengamatan berbasis mikroorganisme. Kontaminasi oleh mikroorganisme sering ditemui di laboratorium mikrobiologi yang dapat berasal dari udara, permukaan area kerja, lantai, manusia serta perlengkapan yang digunakan. Sterilisasi merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan keberadaan mikroorganisme yang tidak diinginkan baik patogen maupun non patogen dalam pengamatan mikrobiologi. Sterilisasi biasanya dilakukan pada bahan, media maupun peralatan yang digunakan sehingga dapat menghindari hasil positif palsu dan diperoleh hasil yang akurat (Rakhmawati, 2012). Alat yang digunakan untuk sterilisasi disesuaikan dengan prinsip dan sifat bahan yang akan disterilisasi. Metode sterilisasi yang umum digunakan berdasarkan prinsip kerjanya yaitu sterilisasi mekanik, fisik dan kimia.

Salah satu aspek krusial dalam mikrobiologi farmasi adalah proses sterilisasi. Sterilisasi adalah metode untuk mengeliminasi semua bentuk kehidupan mikroorganisme, termasuk spora bakteri, dari bahan, alat, maupun produk farmasi. Proses ini sangat penting dalam industri farmasi, khususnya pada produk-produk yang disuntikkan atau dimasukkan ke dalam tubuh tanpa melewati saluran pencernaan. Beberapa metode sterilisasi yang umum digunakan antara lain sterilisasi panas, filtrasi, radiasi, dan penggunaan bahan kimia. Penerapan prinsip-prinsip mikrobiologi farmasi dan teknik sterilisasi yang tepat

menjadi kunci untuk menjamin kualitas serta keamanan produk farmasi. Dengan demikian, pemahaman yang baik terhadap kedua aspek ini sangat penting bagi tenaga farmasi dan seluruh pihak yang terlibat dalam proses produksi dan distribusi obat.

B. Sejarah Perkembangan Mikrobiologi

Perkembangan di bidang mikrobiologi tidak lepas dari keterlibatan ilmuwan di seluruh dunia yang berdedikasi melakukan penelitian secara terus-menerus. Beberapa penemuan besar yang menjadi titik awal perkembangan mikrobiologi diantaranya yaitu :

1. Antonie van Leeuwenhoek dan Penemuan Animalcules

Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) ilmuwan asal Belanda dikenal sebagai '*the father of microbiology*' karena berhasil mengamati dan menggambarkan mikroba menggunakan mikroskop lensa tunggal miliknya dan menjadi awal mula sejarah ilmu biomedis. Penemuan oleh Leeuwenhoek pertama kali pada tahun 1674 yaitu berhasil mengamati sel darah merah dan protozoa, dilanjutkan pada tahun 1676 menemukan bakteri dan spermatozoa dari testis hewan. Istilah Animalcules sendiri mengacu pada mikroorganisme (bakteri) yang diamati dari isolasi plak giginya sendiri dan mikroorganisme lainnya.

Penemuan Leeuwenhoek sangat dipengaruhi oleh ilmuwan asal Inggris Robert Hooke (1635 – 1702) yang telah mendefinisikan istilah sel dan menggambar berbagai hewan kecil seperti kutu dan binatang lain yang terdapat dalam potongan kayu (Kutschera, 2023). Dengan adanya mikroskop memberikan kontribusi yang sangat besar

terhadap kemajuan ilmu mikrobiologi. Struktur dan anatomi pada sel mikroorganisme dapat diamati sehingga perkembangan dan klasifikasi mikroorganisme dapat terus dilakukan oleh para ilmuwan.



Gambar 7.1 Antonie van Leeuwenhoek
Sumber: Wikipedia



Gambar 7.2 Ilustrasi Animalcules

Sumber: Wikipedia

2. Louis Pasteur dan Penemuan Fermentasi

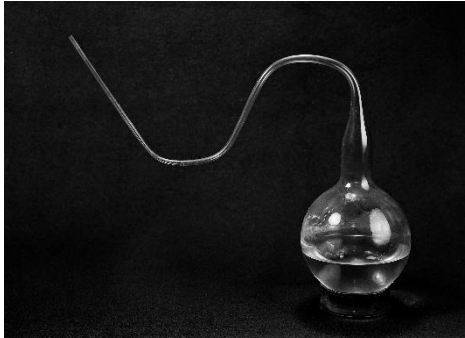
Seorang ahli Kimia asal Perancis, Louis Pasteur merupakan ilmuwan pertama yang mengemukakan keunikan sifat mikroorganismenya, di mana mikroorganismenya dapat menyebabkan proses fermentasi. Selain itu Pasteur juga menemukan cara untuk membunuh mikroorganismenya patogen melalui proses pemanasan yang disebut Pasteurisasi sehingga dapat mencegah pembusukan makanan hingga beberapa waktu lamanya, serta telah mengembangkan berbagai vaksin seperti antraks, kolera dan rabies.



Gambar 7.3 Louis Pasteur

Sumber: Wikipedia

Rangkaian eksperimen yang dilakukan Pasteur untuk membuktikan teori bahwa kehidupan sekarang berasal dari kehidupan sebelumnya dan bukan secara spontan berhasil menggulingkan teori generasi spontan atau abiogenesis dan memperoleh pengakuan yang luas di kalangan ilmuwan. Eksperimen ini dilakukan menggunakan labu leher angsa. Dimana metode ini melibatkan pemanasan produk pada suhu di bawah titik didih untuk membunuh mikroorganisme tanpa merusak kualitas produk. Pada mulanya kaldu yang ditempatkan dalam labu disterilkan terlebih dahulu. Desain labu ini memungkinkan adanya pertukaran udara dengan lingkungan luar dan mencegah masuknya mikroorganisme udara yang dapat mengkontaminasi kaldu di dalamnya. Hasilnya kaldu yang disterilkan dalam labu angsa tetap steril selama leher angsa tetap utuh.



Gambar 7.4 Labu Leher Ansa

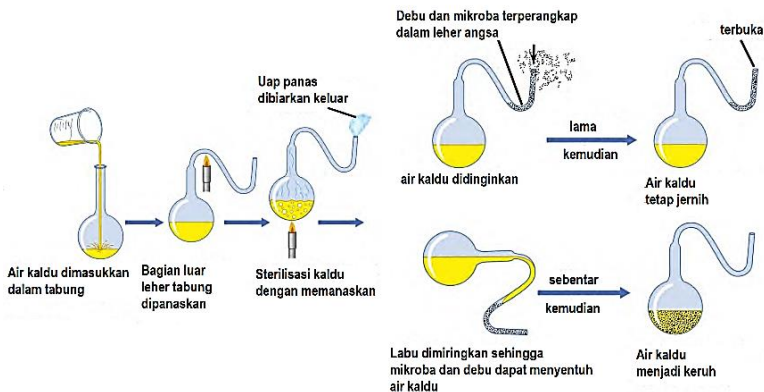
Sumber: Wikipedia

Tujuan proses Pasteurisasi ini yaitu untuk membunuh mikroorganisme patogen, memperpanjang waktu simpan dengan tetap mempertahankan kualitas produknya. Percobaan Pasteur menggunakan labu leher angsa dilakukan dengan memasukkan air kaldu ke dalam labu dan kemudian dipanaskan hingga mikroorganisme di dalamnya mati. Selanjutnya leher labu dipanaskan untuk membunuh mikroorganisme yang menempel di dalam labu. Kemudian kaldu dalam labu tersebut didiamkan dalam waktu yang lama dan ditemukan tidak terjadi perubahan kaldu menjadi keruh yang menandakan tidak terjadi pertumbuhan organisme di dalamnya.

Hal ini dikarenakan lekukan pada leher labu mencegah partikel masuk ke dalam kaldu namun tetap mengalirkan udara dari luar. Berbeda halnya pada saat leher labu pecah atau dilepas, maka yang terjadi adalah kaldu dalam labu tersebut menjadi keruh yang menandakan adanya pertumbuhan mikroba di dalamnya atau dengan kata lain kaldu tersebut telah terkontaminasi mikroorganisme yang kemudian berkembang biak dalam

kaldu. Eksperimen ini membuktikan bahwa kehidupan tidak muncul secara spontan atau tiba-tiba seperti yang dikemukakan oleh teori abiogenesis (teori generasi spontan), namun berasal dari kehidupan sebelumnya.

Eksperimen sanggahan terhadap teori generasi spontan menjadikan Pasteur memperoleh beberapa penghargaan diantaranya Penghargaan Jecker pada tahun 1861 dan Penghargaan Alhumbert pada tahun 1862. Beberapa eksperimen utama karya Pasteur yang diterbitkan diantaranya *Études sur le Vin (Studies on Wine)* pada tahun 1866; *Les Microbes organisés, leur rôle dans la Fermentation, la Putréfaction et la Contagion (Microbes organized, their role in fermentation, putrefaction and the Contagion)* pada tahun 1878 dan *Traitement de la Rage (Treatment of Rabies)* pada tahun 1886.



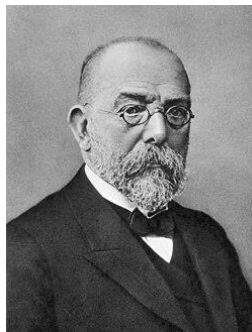
Gambar 7.5 Ilustrasi Pasteurisasi

Sumber: Wikipedia

3. Robert Koch dan Penemuan Mikroorganisme Penyebab Penyakit

Seorang Dokter asal Jerman bernama Robert Koch merupakan pelopor yang menunjukkan hubungan antara mikroba dengan penyakit manusia yang dikenal dengan Postulat Koch. Melalui riset sistematis Koch berhasil mengidentifikasi bakteri penyebab antraks (*Bacillus anthracis*), kolera (*Vibrio cholerae*) dan tuberkulosis (*Mycobacterium tuberculosis*). Postulat Koch berisi 4 kriteria digunakan sebagai panduan umum untuk mengidentifikasi penyakit. Isi Postulat Koch yaitu:

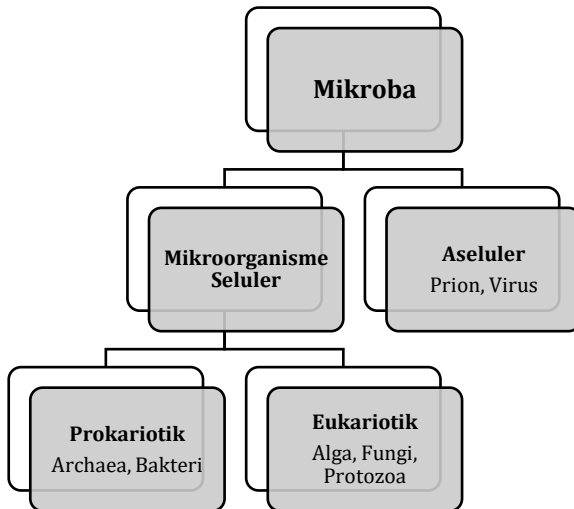
- a. Organisme (parasit) harus ditemukan dalam hewan yang sehat, bukan yang sakit.
- b. Organisme harus diisolasi dari hewan yang sakit dan dibiakkan dalam kultur murni.
- c. Organisme yang dikultur harus menimbulkan penyakit pada hewan sehat.
- d. Organisme tersebut harus diisolasi ulang dari hewan yang diuji tersebut.



Gambar 7.6 Robert Koch
Sumber: Wikipedia

C. Klasifikasi Mikroba

Mikrobiologi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori berdasarkan morfologi, fisiologi dan reproduksi yaitu mikroba seluler dan aseluler. Mikroorganisme seluler termasuk prokariotik dan eukariotik. Sedangkan mikroorganisme aseluler contohnya adalah virus dan prion. Sel prokariotik merupakan sel yang tidak terlalu kompleks seperti archaea dan bakteri. Sementara sel eukariotik memiliki susunan yang lebih kompleks seperti alga, fungi dan protozoa. Klasifikasi mikroba dapat dilihat pada gambar 7.7 berikut ini:

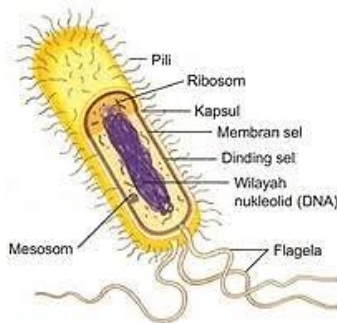


Gambar 7.7 Diagram Klasifikasi Mikroorganisme
Sumber: Engekirk & Engelkirk (2011)

1. Mikroorganismen Seluler

a. Sel Prokariotik

Mikroorganismen prokariotik memiliki struktur yang sederhana dan merupakan mikroorganismen yang tidak memiliki membran inti (nukleus) dan organel lain yang terikat membran. Sel prokariotik umumnya berukuran lebih kecil dari sel eukariotik, memiliki dinding sel yang kaku, bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan biner dan sebagian besar merupakan organismen bersel satu. Perbedaan utama antara sel prokariotik dengan sel eukariotik dapat dilihat pada tabel 7.1.



Gambar 7.8 Sel Prokariotik

Sumber: Wikipedia

Salah satu yang termasuk dalam sel prokariotik ialah Bakteri merupakan mikroorganismen uniseluler sederhana yang termasuk dalam golongan sel prokariotik dan ditemukan hampir di seluruh habitat di bumi termasuk di bagian tubuh manusia. Sebagian besar bakteri bersifat tidak berbahaya namun ada pula yang bersifat patogen sehingga menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan lain (Sharma et al., 2022).

Bakteri memiliki morfologi yang bervariasi tergantung jenis dan kondisi lingkungannya ditinjau dari segi bentuk, ukuran, pewarnaan gram maupun struktur tambahan. Perkembangbiakan bakteri dilakukan secara aseksual melalui pembelahan biner dimana terjadi pembelahan sel bakteri menjadi dua setiap 20 menit. Saat proses pembelahan terjadi perpindahan materi genetik sehingga bakteri yang dihasilkan dari hasil pembelahan ini akan memiliki sifat dan struktur yang sama dengan bakteri awalnya.

b. Sel Eukariotik

Salah satu yang termasuk dalam sel eukariotik yaitu fungi atau jamur yang terbagi menjadi jamur mikroskopis dan makroskopis. Beberapa organisme yang termasuk kategori jamur yaitu kapang (mold) yang bersifat multiseluler dan khamir yang bersifat uniseluler. Jamur melakukan reproduksi agar tidak punah dan spesiesnya bisa menyebar. Reproduksi yang dilakukan dapat berupa aseksual (fase anamorf) dan seksual (fase teleomorf).

Tabel 7.1 Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik

Perbedaan	Sel Prokariotik	Sel Eukariotik
Organisme	Bakteri, arkhaea	Protista, fungi, tumbuhan, hewan
Membran inti	Tidak ada	Ada
Organel	Tidak terikat membran	terikat membran
Ukuran	Lebih kecil	Lebih besar
Materi genetik	Di Nukleoid	Di inti sel
Pembelahan sel	biner	Meiosis dan mitosis
Organisasi sel	Satu/tunggal	Satu dan banyak

2. Mikroorganisme Aseluler

Virus sebagai salah satu mikroorganisme aseluler memiliki ukuran bervariasi, dari yang berukuran nano hingga mikro. Materi penyusun virus yaitu gula, protein, lipid, asam nukleat, air dan zat terlarut lain. Secara morfologi, virus dapat dikategorikan menjadi beberapa bentuk, yaitu (1) heliks, ditandai dengan unit protein bersusun melingkar dan mengandung materi genetik; (2) polyhedral, terdiri dari susunan capsomere yang meliputi seluruh genom virus; (3) bersampul, kapsid diselimuti oleh mantel; dan (4) kompleks, struktur lebih kompleks seperti bagian ekor dan kepala.

D. Metode Sterilisasi

Sterilisasi merupakan proses menghilangkan mikroorganisme patogen atau non-patogen yang tidak diinginkan pada alat, bahan atau media (Akbar, 2021). Dalam bidang mikrobiologi, penggunaan sterilisasi bermanfaat untuk menghindari hasil positif palsu sehingga hasil yang diperoleh merupakan hasil yang akurat (Rakhmaati, 2012). Udara, permukaan kerja, lantai, aktivitas manusia sampai dengan perlengkapan yang digunakan dapat menjadi penyebab kontaminasi mikrobiologi (Akbar, 2021).

Metode sterilisasi diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya yaitu secara fisik, kimia dan mekanik (filtrasi).

1. Sterilisasi mekanik dilakukan dengan menyaring mikroorganisme menggunakan kertas saring berpori sangat kecil

2. Sterilisasi fisik dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu sterilisasi uap air panas, panas kering, uap air panas, pemijaran dan sinar UV.
3. Sterilisasi kimia dilakukan menggunakan bahan kimia bersifat mikrobisida (mampu membunuh mikroorganisme). Contohnya antiseptik atau desinfektan tergantung pada tujuan penggunaannya. Namun sterilisasi kimia ini memiliki kelemahan yaitu tidak efektif untuk mensterilkan bahan atau media dan hanya cocok untuk mensterilkan permukaan benda dan peralatan laboratorium.

Dalam pengujian mikrobiologi digunakan media untuk melakukan berbagai eksperimen. Media inilah yang akan dapat digunakan untuk menghitung jumlah mikroorganisme, menguji karakteristik fisiologis dan mengisolasi mikroorganisme. Saat menyiapkan media maka beberapa hal penting yang harus diperhatikan adalah: (1) mengandung semua nutrisi yang diperlukan mikroba, (2) memiliki pH, tegangan permukaan yang tepat; (3) tidak mengandung zat berbahaya yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan steril. Sterilisasi media dapat dilakukan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit.

Beberapa macam metode sterilisasi dalam medium dikategorikan menjadi

1. Pasteurisasi, melibatkan perebusan media selama beberapa menit sampai suhu 100°C.
2. Sterilisasi yang melibatkan pemanasan media hingga suhu 121°C sambil mempertahankan tekanan uap air yang tinggi.

3. Filtrasi, digunakan untuk memisahkan mikroba dari medium larutan yang tidak tahan panas.
4. Sterilisasi kimia, menggunakan bahan kimia seperti antibiotik untuk membunuh mikroorgainsme.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R.A. (2021). *Microbeholic*. Available at:<https://www.microbeholic.com/2021/01/macam-macam-sterilisasi-dan-alat-yang-digunakan.html>. [Accessed 2 12 2023]
- Commons Wikimedia. Wikipedia Swan-necked flask used by Pasteur. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Swan-necked_flask_used_by_Pasteur._Wellcome_M0012521.jpg
- Rakhmawati,A., 202. *Media Penyiapan Mikroorganisme, Pelatihan Laboratorium*. Yogyakarta
- Wikipedia contributors. (n.d.). *Antonie van Leeuwenhoek*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved August 19, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Antonie_van_Leeuwenhoek
- Wikipedia contributors. (n.d.). *Louis Pasteur*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved August 19, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Pasteur
- Wikipedia contributors. (n.d.). *Robert Koch*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved August 19, 2025, from https://id.wikipedia.org/wiki/Postulat_Koch

BAB 8

FARMASI KLINIS DAN PERAN APOTEKER DALAM PELAYANAN KESEHATAN

Oleh apt. Okta Muthia Sari, M.Farm.

A. Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir, farmasi klinis telah mendorong apoteker untuk mengalihkan fokusnya dari peran yang berorientasi pada produk menuju keterlibatan langsung dengan pasien, guna memaksimalkan manfaat yang diperoleh pasien dari obat yang dikonsumsi atau masalah yang dihadapi pasien dalam penggunaan obat tersebut (Elfituri and Sherif, 2022).

Di Amerika Serikat, partisipasi apoteker dalam pelayanan kesehatan di bangsal rumah sakit mengurangi kejadian *adverse drug events* sebesar 78,0% dan 66,0% di lingkungan perawatan medis secara umum dan juga intensif. Sebuah studi yang mencakup 1.029 rumah sakit di Amerika Serikat menunjukkan bahwa layanan farmasi klinis yang berbasis pusat dan spesifik pasien terkait dengan penurunan tingkat mortalitas. Layanan yang terlibat meliputi informasi obat, penelitian klinis yang dilakukan oleh apoteker, dan apoteker yang melakukan riwayat obat saat masuk rumah sakit. Peran baru apoteker dalam sistem kesehatan di seluruh dunia telah berkembang secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir, terutama

dengan perluasan ruang lingkup praktik yang memungkinkan apoteker fokus pada aspek klinis perawatan pasien langsung (Elfituri and Sherif, 2022).

Selain itu dalam pelayanan kefarmasian terdapat pula istilah '*Pharmaceutical care*'. *Pharmaceutical care* merupakan pendekatan sistematis yang secara eksplisit berorientasi pada hasil memberikan terapi obat yang diarahkan tidak hanya pada hasil klinis, tetapi juga pada kegiatan kehidupan sehari-hari dan dimensi lain dari kualitas hidup yang berhubungan dengan kesehatan (Wiffen et al., 2017). Definisi lain, *pharmaceutical care* adalah sistem kolaboratif yang berpusat pada pasien untuk mencapai hasil yang spesifik dan positif bagi pasien melalui penyediaan obat-obatan secara bertanggung jawab (Whittlesea and Hodson, 2019).

Apoteker telah menggunakan berbagai metode untuk meningkatkan terapi obat termasuk farmasi klinis. Apoteker adalah ahli terapi obat dalam tim kesehatan. Oleh karena itu, apoteker saat ini berperan sebagai penilai penggunaan obat yang efektif dan aman. Manajemen terapi obat merupakan salah satu bidang utama di mana dokter semakin bergantung pada apoteker untuk kepentingan pasien (Elfituri and Sherif, 2022).

B. Farmasi Klinis dan Peran Apoteker dalam Pelayanan Kesehatan

Definisi farmasi klinis adalah disiplin ilmu kesehatan di mana apoteker memberikan perawatan pasien yang mengoptimalkan terapi pengobatan dan mempromosikan kesehatan dan pencegahan penyakit (Elfituri and Sherif, 2022). Optimalisasi penggunaan obat-obatan memerlukan

pendekatan yang berpusat pada pasien yang didasarkan pada prinsip keamanan, praktik berbasis bukti, dan konsistensi, serta pemahaman terhadap pengalaman pasien (Whittlesea and Hodson, 2019). Farmasi klinis mencakup serangkaian fungsi yang bertujuan untuk memastikan penggunaan obat yang aman, efektif, dan efisien bagi pasien individu. Proses farmasi klinis memerlukan penerapan pengetahuan khusus dalam farmakologi, farmakokinetik, dan terapi dalam perawatan pasien (Whittlesea and Hodson, 2019). Farmasi klinis dijelaskan sebagai penggunaan pengendalian obat dan penggunaan pengetahuan yang efektif, yang membantu memperjelas situasi (Chei, 2024).

Perkembangan praktik farmasi klinis telah mengalami perubahan yang signifikan sejak pertengahan tahun 60-an dan telah memberikan arah baru bagi praktik farmasi kontemporer di semua lingkungan. Praktik farmasi klinis saat ini melampaui penyediaan layanan farmasi (Elfituri and Sherif, 2022).

Adapun apoteker klinis adalah praktisi berlisensi dengan pendidikan dan pelatihan tingkat lanjut yang berpraktik di semua jenis pengaturan perawatan pasien dengan fokus pada manajemen pengobatan yang komprehensif (Jacobi, 2016). Ruang lingkup apoteker klinis mencakup area untuk mendorong pertumbuhan, menangani kesehatan secara keseluruhan, dan memfasilitasi pertukaran informasi. Apoteker klinis mendukung penggunaan obat yang tepat dengan menyediakan informasi akurat tentang obat-obatan, termasuk penggunaan legalnya dalam terapi obat, serta semua tindakan pencegahan yang harus diambil sesuai

saran dokter. Hal ini mencegah penggunaan obat secara tidak rasional (Chei, 2024).

Apoteker klinis berpraktik di semua tempat pelayanan kesehatan dan memanfaatkan pengetahuan mendalam tentang obat dan penyakit yang mendalam untuk mengelola terapi obat. Apoteker klinis bertanggung jawab atas terapi pengobatan dan hasil pasien. Apoteker adalah sumber utama informasi yang valid secara ilmiah mengenai penggunaan obat yang aman dan tepat. Apoteker klinis berfokus pada pencapaian penggunaan obat yang optimal, menekankan pada dosis, pemantauan dan identifikasi efek samping untuk mencapai hasil yang optimal bagi pasien. Apoteker klinis mendapatkan perhatian yang signifikan di seluruh dunia sebagai anggota penting dari perawatan pasien penting dalam tim perawatan pasien rawat jalan dan rawat inap (Jacobi, 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia, kegiatan apoteker atau peran apoteker dalam layanan farmasi klinis di fasilitas kesehatan meliputi edukasi dan konseling pasien, telaah resep, kajian penggunaan obat sebelumnya, farmakovigilans, pemantauan kadar obat dalam darah, *home pharmacy care*, visitasi pasien rawat inap, rekonsiliasi obat dan analisis penggunaan obat (Menteri Kesehatan, 2021, 2016).

Berikut kegiatan apoteker atau peran apoteker dalam farmasi klinis :

1. Edukasi dan Konseling

Apoteker memberikan edukasi kepada pasien dalam mengelola kondisi medis kronis, seperti diabetes mellitus, hipertensi, hiperlipidemia dan antikoagulasi. Apoteker

menggunakan ruang konsultasi dalam memberikan edukasi pasien penyakit kronis seperti diabetes. Sebagai sumber daya kesehatan, apoteker menyediakan layanan kesehatan masyarakat, pendidikan kesehatan, promosi kesehatan, dan bimbingan kesehatan, termasuk program perlindungan kesehatan dan pencegahan penyakit. Contohnya meliputi, namun tidak terbatas pada, kampanye imunisasi, layanan kesehatan ibu dan anak, perjuangan melawan penyalahgunaan dan kecanduan obat-obatan, pengendalian HIV/AIDS, dan pencegahan & pengobatan COVID-19 (Elfituri and Sherif, 2022). Keterampilan yang perlu dimiliki apoteker adalah dapat berkomunikasi dengan bahasa yang mudah dipahami oleh pasien untuk memfasilitasi hubungan yang baik antara pasien dan tenaga kesehatan (Chei, 2024).

Selain edukasi kepada pasien, apoteker juga berperan dalam edukasi kepada tenaga kesehatan lainnya membantu dalam hal berikut (Saini et al., 2022):

- a. Penilaian dan pelaporan reaksi obat yang merugikan.
- b. Penentuan dan pencegahan interaksi obat, seperti interaksi obat-obat, interaksi obat-makanan, dan sebagainya.
- c. Pemantauan terapi obat.
- d. Pencegahan kesalahan pemberian obat.
- e. Penentuan ketidakcocokan obat.
- f. Mendapatkan informasi obat dan racun yang objektif.

Informasi obat atau informasi medis diberikan sebagai tanggapan atas permintaan dari tenaga kesehatan, pasien, dan masyarakat umum. Informasi ini dapat diberikan secara lisan atau tertulis. Tindakan yang dilakukan oleh apoteker untuk memberikan informasi tentang penggunaan obat disebut layanan informasi obat. Untuk memenuhi kebutuhan dokter praktik, apoteker, dan tenaga kesehatan lainnya, pusat informasi obat menyediakan sumber informasi obat yang komprehensif dan tidak memihak. Penting untuk meningkatkan kesadaran tentang peran pusat informasi obat guna mempromosikan penggunaan obat yang bertanggung jawab (Saini et al., 2022).

Tujuan layanan informasi obat adalah (Saini et al., 2022):

- a. Untuk memenuhi kebutuhan praktisi akan informasi obat, harus tersedia basis data yang terorganisir dengan baik tentang pengetahuan khusus mengenai obat dan pengobatan.
- b. Memungkinkan mahasiswa farmasi untuk menyebarkan informasi tentang obat-obatan secara efektif.
- c. Menyediakan layanan informasi obat yang andal dan tidak memihak kepada staf rumah sakit, dokter, dan tenaga medis lainnya.
- d. Meningkatkan perawatan pasien dengan menggunakan obat-obatan secara bijaksana.

Konseling oleh apoteker dengan memberikan informasi medis secara lisan atau tertulis kepada pasien atau pendamping pasien mengenai dosis, efek samping

obat yang mungkin terjadi atau cara penyimpanan dan modifikasi gaya hidup serta interpretasi hasil tes laboratorium yang dilakukan pasien. Dari perspektif pasien, konseling pasien merupakan salah satu tanggung jawab terpenting apoteker klinis. Tugas apoteker klinis adalah memberikan pemahaman kepada pasien tentang kondisi klinis mereka saat ini dan mengajarkan pasien cara menggunakan obat dengan aman dan efektif, sehingga meningkatkan hasil klinis mereka. Secara umum, pasien sering memiliki banyak pertanyaan tentang kondisi mereka, obat-obatan, nutrisi, perubahan gaya hidup, pengobatan, durasi terapi, dan peralatan medis. Untuk memastikan obat diminum sesuai resep, apoteker klinis dapat memberikan informasi kepada pasien tentang perawatan lanjutan (Saini et al., 2022).

Apoteker mungkin perlu menjelaskan keuntungan dan kerugian terapi serta konsekuensi jika tidak mengonsumsi obat-obatan. Waktu terbaik untuk memberikan informasi tentang obat-obatan adalah saat keputusan resep dibuat atau sesegera mungkin setelah resep pertama kali diberikan. Hal ini berarti memberikan akses informasi kepada pasien saat mereka masih di rumah sakit, bukan menunggu hingga mereka keluar dari rumah sakit. Pasien dapat diberitahu tentang keberadaan brosur informasi, didorong untuk membacanya, dan ditanya tentang pertanyaan apa pun terkait obat-obatan. Dengan strategi ini, pasien dapat menentukan kebutuhan informasi mereka sendiri. Pendekatan ini memungkinkan pasien untuk mengidentifikasi kebutuhan informasi mereka sendiri (S.Sahera and Kumar, 2020).

2. Kajian penggunaan obat sebelumnya (riwayat obat)

Riwayat obat adalah bagian dari konsultasi farmasi yang mengidentifikasi dan mendokumentasikan alergi atau efek samping serius lainnya, serta informasi tentang cara obat-obatan dikonsumsi saat ini dan cara pengonsumsiannya di masa lalu. Ini merupakan titik awal untuk rekonsiliasi obat dan tinjauan obat. Dengan memperoleh informasi riwayat medis yang akurat dan lengkap telah terbukti memiliki dampak positif pada perawatan pasien, dan apoteker telah menunjukkan bahwa mereka dapat menyusun riwayat tersebut dengan tingkat ketelitian dan keandalan yang tinggi sebagai bagian dari tinjauan obat. Ketidaksesuaian antara riwayat yang dicatat oleh tim kesehatan dan yang diperoleh oleh apoteker dapat dibagi menjadi dua kategori: sengaja (di mana tim medis telah memutuskan untuk mengubah regimen) atau tidak sengaja atau kecelakaan (di mana catatan lengkap tidak diperoleh). Ketidaksesuaian harus diklarifikasi dengan dokter yang meresepkan atau dirujuk ke apoteker klinis senior (Saini et al., 2022).

Pentingnya kajian riwayat obat yang tepat meliputi (S.Sahera and Kumar, 2020):

- a. Untuk mencegah kesalahan resep dan risiko yang mungkin timbul bagi pasien.
- b. Berguna dalam mendeteksi penyakit terkait obat atau perubahan tanda dan gejala klinis yang mungkin disebabkan oleh terapi obat.
- c. Harus mencakup semua obat yang diresepkan saat ini dan baru-baru ini, reaksi obat yang merugikan sebelumnya termasuk obat herbal atau alternatif, serta kepatuhan terhadap terapi untuk rencana perawatan yang lebih baik.

3. Visitasi Pasien Rawat Inap

Untuk visitasi pasien bersama dokter, apoteker harus memiliki pengetahuan klinis yang cukup. Untuk meningkatkan standar perawatan pasien, tenaga medis secara keseluruhan harus membangun hubungan yang kokoh satu sama lain. Selain itu, apoteker harus memiliki rasa tanggung jawab yang kuat untuk memberikan perawatan medis berkualitas tinggi. Hal ini mendukung pembentukan kepercayaan dan pemeliharaan catatan pasien yang akurat (Chei, 2024).

Apoteker perlu mengevaluasi terapi farmasi sesegera mungkin karena ini adalah proses yang berkelanjutan. Hal ini dapat berubah sesuai dengan kebutuhan dan kondisi pasien. Apoteker perlu membangun hubungan baik dengan pasien dan menjaga riwayat klinis yang lengkap dan dapat diakses. Selain itu, apoteker harus mencatat dengan akurat preferensi makanan pasien, ketergantungan obat atau keracunan terhadap zat sintetis tertentu, sensitivitas terhadap obat tertentu, gejala obat tertentu, penggunaan obat yang salah, dan informasi lain (Chei, 2024).

Untuk memberikan terapi klinis yang efektif dan terarah, apoteker harus meninjau riwayat medis pasien terkait interaksi obat. Apoteker juga dapat meninjau berbagai batas farmakokinetik terkait konsentrasi obat dalam plasma, tingkat protein, dan perkiraan glukosa darah. Pasien dengan masalah hati dan gangguan ginjal lebih berisiko mengalami reaksi obat yang merugikan. Respons obat yang bersifat antagonis dapat dikenali, dihindari, dan diidentifikasi dengan bantuan apoteker. Apoteker dapat mendorong dokter untuk memberikan pasien yang khawatir regimen terapi alternatif (Chei, 2024).

4. Farmakovigilans

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mendefinisikan Farmakovigilansi sebagai ilmu dan kegiatan yang berkaitan dengan deteksi, penilaian, pemahaman, dan pencegahan efek samping atau masalah lain yang terkait dengan obat. Dokumentasi, analisis, dan pencegahan *Adverse Drug Reaction* diperlukan untuk studi epidemiologi dan keamanan pasien (S.Sahera and Kumar, 2020).

Apoteker klinis memainkan peran krusial dalam deteksi, identifikasi, pencegahan, serta pengelolaan *Adverse Drug Reaction*. Apoteker dapat melakukan aktivitas ini di lingkungan rawat inap di rumah sakit sambil berpartisipasi dalam tinjauan catatan obat dan pengelolaan obat pasien. Salah satu peran utama apoteker klinis adalah mendeteksi, menilai, dan melaporkan dugaan *Adverse Drug Reaction* untuk mengurangi risiko kejadian merugikan atau *Adverse Events* (Saini et al., 2022). Keterampilan yang diperlukan untuk dalam studi Farmakovigilansi meliputi pengetahuan yang kuat tentang Farmakologi, *Adverse Drug Reaction*, hasil laboratorium, dan penelitian klinis (S.Sahera and Kumar, 2020).

5. Pemantauan Kadar Obat dalam Darah

Pemantauan kadar obat dalam darah (PKOD) atau therapeutic drug monitoring (TDM) dapat didefinisikan sebagai pengelolaan regimen dosis pasien berdasarkan konsentrasi serum, plasma, atau darah utuh suatu obat. PKOD digunakan untuk menentukan dosis obat yang optimal bagi pasien yang mengonsumsi obat-obatan dengan indeks terapeutik sempit. Kerja sama tim antara perawat, dokter, apoteker, dan staf laboratorium diperlukan untuk layanan PKOD. Apoteker klinis

diharuskan memberikan saran kepada tenaga medis tentang penggunaan yang tepat dan waktu yang benar untuk PKOD serta membantu dalam interpretasi hasil (Saini et al., 2022).

Pemantauan yang ketat diperlukan untuk obat dengan indeks terapeutik sempit dan untuk kelompok obat tertentu di mana PKOD dapat bermanfaat, misalnya digoksin, fenitoin, teofilin, dan aminoglikosida. Terapi antikoagulan, termasuk warfarin dan heparin, terkait dengan banyak morbiditas yang dapat dicegah akibat obat dan selalu memerlukan pemantauan yang ketat (Whittlesea and Hodson, 2019).

C. Faktor Yang Mendukung Peran Apoteker dalam Pelayanan Kesehatan

Peran apoteker telah bertransformasi dari peran yang berfokus pada obat menjadi berfokus pada perawatan pasien. Stereotip masyarakat pada umumnya, apoteker sebagai seseorang yang hanya dapat memberikan obat dan hanya memiliki sedikit pengalaman dalam manajemen penyakit telah bergeser (Hamrouni et al., 2023).

Apoteker memiliki kompetensi terkait obat dengan kualifikasi dan keterampilan secara signifikan membantu manajemen penyakit. Masyarakat umum dan tenaga kesehatan lainnya mulai menyadari peran apoteker yang semakin besar dalam meningkatkan kualitas hidup pasien. Ada banyak bukti yang terus bertambah menunjukkan bahwa layanan berbasis farmasi meningkatkan kesehatan pada pasien penyakit kronis dan berkontribusi positif terhadap perawatan pasien secara umum (Hamrouni et al., 2023). Penelitian desain *systematic review* melaporkan

peran apoteker klinis tingkat lanjut dalam perawatan pasien rawat inap secara umum menghasilkan peningkatan kualitas perawatan, tanpa adanya bukti kerugian (Tong et al., 2020). Namun, keterlibatan apoteker di masa depan dalam perawatan pasien tidak bisa hanya sendiri, tetapi memerlukan kolaborasi dengan tenaga kesehatan lain (Hamrouni et al., 2023).

Salah satu faktor yang mendukung dalam peran apoteker dalam pelayanan kesehatan adalah kolaborasi apoteker dengan tenaga kesehatan lain. Hal ini mampu mencegah kemungkinan kejadian yang merugikan (kelelahan) dan menjaga kualitas perawatan pasien dengan baik (Crafford et al., 2023).

Selain itu, pengetahuan, sikap dan persepsi tenaga kesehatan lain terhadap peran apoteker klinis merupakan faktor penting yang dapat memfasilitasi atau menghambat implementasi dan perluasan layanan farmasi klinis. Kurangnya pemahaman di antara tenaga kesehatan lain tentang layanan farmasi klinis dapat menyebabkan kesalahan persepsi bahwa apoteker klinis tidak memiliki keahlian yang relevan dan tidak memberikan manfaat bagi rumah sakit. Hal ini mengakibatkan kurangnya dukungan dari tenaga kesehatan (Crafford et al., 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Chei, Z., 2024. Advancing Patient Care: The Role of Clinical Pharmacy in Healthcare. *Journal of Pharmaceutical Care & Health Systems* 11, 1–2. <https://doi.org/10.35248/2376-0419.24.11.332>
- Crafford, L., Kusurkar, R., Bronkhorst, E., Gous, A., Wouters, A., 2023. Understanding of healthcare professionals towards the roles and competencies of clinical pharmacists in South Africa. *BMC Health Serv Res* 23, 1–11. <https://doi.org/10.1186/S12913-023-09222-Z/FIGURES/2>
- Elfituri, A.A., Sherif, F.M., 2022. Novel clinical pharmacy practice: Extended role and improved competencies. *Mediterranean Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences* 2, 1–3.
- Hamrouni, A.M., Sharif, S.I., Abduelkarem, A.R., Hassanein, M.M., 2023. Integration of clinical pharmacy services in primary healthcare in the United Arab Emirates: Indicators and impacts. *Pharm Pract (Granada)* 21. <https://doi.org/10.18549/PHARMPRACT.2023.4.287>
2
- Jacobi, J., 2016. Clinical Pharmacists: Practitioners Who Are Essential Members Of Your Clinical Care Team. *Revista Médica Clínica Las Condes* 27, 571–577. <https://doi.org/10.1016/J.RMCLC.2016.09.002>
- Menteri Kesehatan, 2021. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 34 Tahun 2021 Tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Klinik*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Menteri Kesehatan, 2016. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 72 Tahun 2016 Tentang Standar Pelayanan*

- Kefarmasian di Rumah Sakit*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Saini, S., Kaur, H., Pant, M., Joshi, Y., 2022. Role of Clinical Pharmacy Services in Healthcare System. *Asian Journal of Pharmaceutical and Health Sciences* 12, 2757–2760.
<https://doi.org/10.5530/AJPHS.2022.12.28>
- S.Sahera, Kumar, D.S., 2020. Role of Clinical Pharmacist in Healthcare System. *Journal of Research in Pharmaceutical Science* 6, 8–23.
- Tong, E.Y., Edwards, G., Hua, P.U., Yip, G., 2020. Systematic review of clinical outcomes of clinical pharmacist roles in hospitalised general medicine patients. *Journal of Pharmacy Practice and Research* 50, 297–307. <https://doi.org/10.1002/JPPR.1685>
- Whittlesea, C., Hodson, K., 2019. *Clinical Pharmacy and Therapeutics*, Sixth Edition. ed. Elsevier, New York.
- Wiffen, P., Mitchell, M., Snelling, M., Stoner, N., 2017. *Oxford Handbook of Clinical Pharmacy, Third Edition*. ed. Oxford University Press, New York.

BAB 9

INTERAKSI OBAT DAN EFEK SAMPING

Oleh apt. Nazhipah Isnani, M.Sc.

A. Pendahuluan

Interaksi obat terjadi ketika pemberian suatu obat atau zat lain bersamaan dengan obat utama memengaruhi efek obat tersebut. Dampak interaksi ini bervariasi dari yang tidak bermakna secara klinis, dapat menimbulkan manfaat berupa efek sinergis, hingga menimbulkan kerugian serius berupa efek samping yang membahayakan. Walaupun sebagian besar tenaga kesehatan, terutama apoteker klinis, sudah memahami mekanisme umum interaksi obat, perkembangan penelitian terbaru menunjukkan adanya mekanisme farmakokinetik baru serta peran penting farmakogenetik terhadap signifikansi klinis interaksi obat.

Selain itu, kerugian terkait obat (*medication-related harm*) masih menjadi perhatian utama pada populasi lanjut usia. Sekitar satu dari dua lansia dilaporkan mengalami dampak kesehatan negatif akibat paparan obat, dan 35–59% di antaranya dapat dicegah. Interaksi obat merupakan salah satu penyebab yang dapat dihindari, yang dapat menimbulkan *adverse drug events* (ADEs) maupun *adverse drug reactions* (ADRs). Studi di Eropa, Australia, dan Amerika melaporkan prevalensi DDI potensial yang signifikan secara klinis pada lansia komunitas berkisar 0,8–54,3%. Sekitar 5% rawat inap pada lansia ≥ 65 tahun

dilaporkan disebabkan oleh DDI. Paparan DDI yang meningkatkan risiko perdarahan terbukti meningkatkan kemungkinan masuk rumah sakit akibat ADR. ADE sendiri didefinisikan sebagai cedera akibat penggunaan obat, berbeda dengan ADR yang memiliki hubungan kausal langsung dengan obat. Prevalensi ADE pada lansia komunitas diperkirakan antara 5,5–34,7%, dengan sekitar seperempat kasus dapat dicegah dan 13,3% di antaranya berhubungan dengan DDI. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman dan pencegahan interaksi obat sangat penting untuk meningkatkan kualitas hidup serta mengurangi risiko hospitalisasi. Oleh karena itu, apoteker klinis diharapkan selalu mengikuti perkembangan riset terbaru, memahami strategi pencegahan, dan memanfaatkan sumber daya yang tersedia untuk mengidentifikasi interaksi obat.

B. Klasifikasi Interaksi Obat

Secara umum, interaksi obat dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori:

1. Berdasarkan Mekanisme

- a. Farmakodinamik: Interaksi yang terjadi pada tingkat reseptor atau efek obat di organ target. Interaksi ini dapat terjadi bila dua obat memengaruhi target fisiologis yang sama, menghasilkan efek aditif, sinergis, atau antagonis.
- b. Farmakokinetik: interaksi yang memengaruhi proses absorpsi, distribusi, metabolisme dan ekskresi obat. Misalnya, obat yang menghambat enzim hati dapat meningkatkan kadar obat lain di dalam plasma sehingga menimbulkan toksisitas. Interaksi

ini secara singkat disebut terjadi pada proses Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, dan Ekskresi (ADME).

Selain kedua kategori tersebut, interaksi obat juga dapat diklasifikasikan menurut jenis kombinasinya, seperti interaksi obat dengan makanan, obat dengan herbal, serta interaksi yang melibatkan faktor genetik.

2. Berdasarkan Kombinasi

- a. Obat–obat: misalnya interaksi warfarin dengan antibiotik.
- b. Obat–makanan: misalnya grapefruit juice yang meningkatkan kadar statin.
- c. Obat–herbal: misalnya St. John’s wort yang menurunkan kadar siklosporin.
- d. Obat–genetik: variasi polimorfisme genetik memengaruhi interaksi, dikenal sebagai *drug-drug-gene interactions*.

C. Mekanisme Interaksi Obat

1. Absorpsi

Interaksi pada fase absorpsi dapat dipengaruhi oleh perubahan pH lambung, ikatan khelasi, atau pengaruh motilitas usus. Contoh klasik adalah penurunan absorpsi tetrasiklin ketika diberikan bersama antasida yang mengandung kalsium, magnesium, atau aluminium. Obat lain dapat memengaruhi transporter seperti *P-glycoprotein* (P-gp) atau *Organic Anion Transporting Polypeptide* (OATP).

Rifampisin misalnya, menginduksi P-gp sehingga menurunkan kadar digoksin.

2. Distribusi

Obat dapat bersaing pada ikatan protein plasma, sehingga meningkatkan fraksi bebas obat tertentu. Misalnya, valproat dapat mendesak warfarin dari ikatan protein, sehingga meningkatkan risiko perdarahan. Namun, efek klinis interaksi distribusi sering tereduksi karena tubuh mampu meningkatkan metabolisme dan eliminasi obat bebas.

3. Metabolisme

Interaksi paling sering terjadi pada tahap metabolisme melalui sistem enzim sitokrom P450 (CYP450). Contoh:

- a. Inhibisi enzim: Eritromisin menghambat CYP3A4 sehingga meningkatkan konsentrasi obat seperti simvastatin atau warfarin.
- b. Induksi enzim: Rifampisin menginduksi CYP3A4 dan mempercepat metabolisme kontrasepsi oral sehingga mengurangi efektivitasnya.
- c. Prodrug: Clopidogrel memerlukan aktivasi oleh CYP2C19. Pemberian bersamaan dengan omeprazol (inhibitor CYP2C19) menurunkan efektivitas antiplateletnya.

4. Ekskresi

Interaksi pada tahap ekskresi meliputi perubahan pH urin atau kompetisi pada sekresi tubular ginjal. Misalnya, aspirin dalam dosis analgetik meningkatkan pH urin dan mempercepat ekskresi metotreksat, yang dapat menurunkan efek terapeutiknya. Sebaliknya, salisilat dapat

menghambat sekresi tubular metotreksat, meningkatkan toksisitas.

5. Farmakodinamik

Interaksi farmakodinamik mencakup efek sinergis, aditif, atau antagonis:

- a. Sinergis/aditif: Opioid dengan benzodiazepin meningkatkan risiko depresi napas.
- b. Antagonis: Kortikosteroid dapat mengurangi efek obat antidiabetik dengan meningkatkan glukosa darah.
- c. Komplikasi serius: NSAID bersama antikoagulan meningkatkan risiko perdarahan gastrointestinal.

Contoh Klinis Interaksi Obat dan Efek Samping

- a. NSAID + Warfarin: meningkatkan risiko perdarahan gastrointestinal.
- b. ACE inhibitor + Spironolakton: dapat menimbulkan hiperkalemia yang berbahaya.
- c. Rifampisin + Kontrasepsi oral: kegagalan kontrasepsi akibat induksi enzim.
- d. Eritromisin + Digoksin: meningkatkan konsentrasi digoksin dengan risiko toksisitas.
- e. Grapefruit juice + Statin (simvastatin, atorvastatin): meningkatkan risiko miopati atau rhabdomyolisis.

D. Epidemiologi dan Dampak Klinis

Prevalensi interaksi obat bervariasi antara 1% hingga lebih dari 60% tergantung pada populasi pasien dan jumlah obat yang digunakan. Pada pasien ICU, sekitar 67% mengalami

potensi interaksi obat. Data meta-analisis menunjukkan bahwa 1–7% kasus rawat inap di rumah sakit disebabkan oleh interaksi obat, dengan lama rawat pasien meningkat signifikan (15 hari pada pasien dengan interaksi dibandingkan 8 hari pada pasien tanpa interaksi).

Dampak klinis interaksi meliputi:

1. Efek samping serius: perdarahan, aritmia, gagal ginjal.
2. Kegagalan terapi: misalnya kontrasepsi gagal, infeksi tidak teratasi.
3. Peningkatan biaya kesehatan: akibat perawatan lanjutan dan komplikasi.

Penelitian kohort prospektif terbaru di Irlandia pada populasi lansia komunitas menunjukkan bahwa paparan *severe clinically important DDIs* berhubungan erat dengan peningkatan risiko *adverse drug events* (ADEs), rawat inap darurat, dan penurunan *health-related quality of life* (HRQoL). Hasil studi ini menegaskan bahwa DDI tidak hanya menimbulkan risiko efek samping akut, tetapi juga berdampak jangka panjang terhadap kualitas hidup pasien lansia. Sekitar satu dari dua lansia mengalami kerugian terkait obat, dengan 35–59% kasus dapat dicegah. Dari ADE yang terjadi, 13,3% terbukti berhubungan langsung dengan DDI. Temuan ini memperkuat pentingnya strategi pencegahan pada populasi lanjut usia, mengingat prevalensi polifarmasi yang tinggi pada kelompok ini.

E. Faktor Risiko Interaksi Obat

1. Polifarmasi: merupakan penggunaan lima obat atau lebih secara rutin. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa polifarmasi sangat sering ditemukan pada

populasi lansia dengan penyakit kronis. sebuah tinjauan sistematis melaporkan prevalensi polifarmasi mencapai 37% pada lansia komunitas dan berhubungan erat dengan meningkatnya potensi interaksi obat, *adverse drug events* (ADE), hospitalisasi, bahkan mortalitas. Fakta ini menegaskan bahwa semakin banyak obat yang dikonsumsi, semakin besar pula risiko interaksi yang merugikan.

2. Usia lanjut: metabolisme dan ekskresi menurun. terjadi perubahan fisiologis yang memengaruhi farmakokinetik obat. Fungsi ginjal menurun sekitar 1% per dekade setelah usia 30 tahun, begitu pula fungsi tubular dan ekskresi hepatic. Penurunan ini menyebabkan akumulasi obat dalam tubuh sehingga lansia lebih rentan mengalami toksisitas maupun efek samping akibat interaksi obat.
3. Penyakit kronis: Penyakit kronis seperti diabetes, gagal jantung, serta gangguan ginjal dan hati juga berperan penting dalam meningkatkan risiko interaksi. Pasien dengan penyakit ginjal kronis (*chronic kidney disease/CKD*) cenderung mengalami polifarmasi karena memerlukan banyak obat untuk mengendalikan komplikasi. Kondisi ini membuat mereka lebih rentan terhadap interaksi obat yang dapat memperburuk luaran klinis, misalnya cedera ginjal akut atau perburukan gagal jantung. Pada pasien dengan gangguan hati, metabolisme obat melalui enzim hepatic juga terganggu, sehingga meningkatkan risiko interaksi yang dapat menimbulkan hepatotoksitas.

4. Faktor genetik: polimorfisme CYP2C19, CYP2D6, CYP2C9. Variasi genetik ini dapat memengaruhi laju metabolisme obat dan menentukan risiko interaksi.

F. Pencegahan dan Manajemen Interaksi Obat

Strategi pencegahan interaksi meliputi:

1. *Prescribing* hati-hati (*judicious prescribing*): hanya meresepkan obat bila benar-benar perlu, mengutamakan terapi non-farmakologis bila memungkinkan.
2. *Medication review*: evaluasi rutin daftar obat pasien untuk mengurangi risiko polifarmasi.
3. *Comprehensive Medication Management (CMM)*: memastikan setiap obat aman, efektif, dan sesuai kondisi pasien.
4. *Deprescribing*: menghentikan obat yang tidak lagi diperlukan untuk menurunkan risiko interaksi.
5. Pemanfaatan teknologi: Clinical Decision Support System (CDSS), database interaksi (misalnya Stockley's Drug Interactions, FDA DDI table).
6. Monitoring klinis dan laboratorium: pemeriksaan INR pada pasien warfarin, kadar obat tertentu, serta fungsi hati dan ginjal.
7. Edukasi pasien: mendorong pasien untuk melaporkan semua obat, termasuk suplemen dan herbal, serta membaca label obat dengan teliti.

G. Peran Klinisi dan Apoteker

Apoteker klinis memiliki peran kunci dalam mendeteksi, mencegah, dan mengelola interaksi obat. Tugas utama meliputi:

1. Melakukan peninjauan obat pasien secara menyeluruh.
2. Memberikan rekomendasi pada dokter untuk menghindari kombinasi obat yang dapat menimbulkan interaksi obat .
3. Mengedukasi pasien dan keluarga mengenai tanda-tanda interaksi obat.
4. Berkolaborasi dengan tenaga kesehatan lain dalam tim interprofesional.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailie, G. R., Johnson, C. A., Mason, N. A., & St. Peter, W. L. (2004). *MEDfacts pocket guide of drug interactions* (2nd ed.). Nephrology Pharmacy Associates, Inc.
- Moriarty, F., Bennett, K., Cahir, C., Kenny, R. A., & Fahey, T. (2024). Drug–drug interaction exposure and adverse health outcomes in older adults: A prospective cohort study. *Clinical Drug Investigation*, 44(5), 401–415. <https://doi.org/10.1007/s40261-024-01369-9>.
- Stockley, I. H. (2022). *Stockley's drug interactions* (Q4 2022 ed.). London: Pharmaceutical Press.

BAB 10

REGULASI DAN KEBIJAKAN FARMASI DI INDONESIA

Oleh apt. Ayu Angger Putri M. Sholeh, M.Farm.

A. Pendahuluan

Farmasi merupakan salah satu pilar penting dalam sistem kesehatan yang bertanggung jawab terhadap penyediaan obat-obatan yang aman, bermutu, dan terjangkau bagi masyarakat. Dalam rangka menjamin kualitas dan keamanan penggunaan obat, diperlukan regulasi dan kebijakan yang kuat serta implementasi yang efektif dari berbagai pihak, baik pemerintah, profesi, industri, maupun masyarakat.

Indonesia, sebagai negara berkembang dengan jumlah penduduk yang besar dan geografis yang luas, menghadapi tantangan dalam menjamin akses yang merata terhadap pelayanan kefarmasian. Oleh karena itu, regulasi dan kebijakan di bidang farmasi menjadi sangat penting sebagai alat untuk mengatur tata kelola obat, pelayanan farmasi, distribusi, produksi, hingga pengawasan pasca-edarnya.

Peraturan perundang-undangan seperti Undang-Undang Kesehatan, Peraturan Pemerintah, serta peraturan teknis dari Kementerian Kesehatan dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) merupakan fondasi hukum yang mengatur sektor ini. Selain itu, kebijakan strategis seperti Kebijakan Obat Nasional (KONAS) dan penerapan

Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) juga turut mendorong efisiensi dan efektivitas pelayanan kefarmasian di Indonesia.

Dengan semakin kompleksnya permasalahan kesehatan dan perkembangan teknologi di era modern, regulasi dan kebijakan farmasi dituntut untuk adaptif, berbasis bukti, dan mampu menjawab kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, penting untuk memahami secara menyeluruh bagaimana sistem regulasi dan kebijakan farmasi di Indonesia dirancang dan diimplementasikan.

B. Pengertian Regulasi dan Kebijakan Farmasi

1. Definisi Regulasi

Regulasi farmasi adalah seperangkat aturan, perundang-undangan, kebijakan, dan standar teknis yang ditetapkan oleh otoritas yang berwenang untuk mengatur seluruh aspek dalam bidang kefarmasian, termasuk produksi, distribusi, pengawasan, dan penggunaan obat serta praktik pelayanan kefarmasian.

Regulasi ini bertujuan untuk:

- a. Menjamin mutu, keamanan, dan khasiat obat yang beredar di masyarakat.
- b. Melindungi keselamatan pasien dan masyarakat umum dari penyalahgunaan atau penggunaan obat yang tidak rasional.
- c. Menjamin praktik profesi apoteker dan tenaga teknis kefarmasian berjalan sesuai etika dan standar yang ditentukan.

- d. Menyediakan landasan hukum bagi pemerintah dalam melakukan pengawasan dan penegakan hukum.

2. Definisi Kebijakan Farmasi

Kebijakan farmasi adalah serangkaian keputusan, strategi, dan tindakan sistematis yang ditetapkan oleh pemerintah atau lembaga berwenang untuk mengatur, mengarahkan, dan mengembangkan sistem kefarmasian nasional, dengan tujuan menjamin ketersediaan, aksesibilitas, mutu, keamanan, efikasi, dan penggunaan obat yang rasional oleh masyarakat.

Kebijakan ini mencakup berbagai aspek seperti:

- a. Perencanaan dan pengadaan obat (termasuk obat generik dan esensial).
- b. Distribusi dan pendistribusian logistik obat.
- c. Pelayanan farmasi di fasilitas kesehatan.
- d. Penggunaan obat rasional (*rational drug use*).
- e. Peningkatan peran tenaga kefarmasian (terutama apoteker).
- f. Dukungan terhadap pengembangan industri farmasi nasional.

Kebijakan farmasi merupakan bagian dari kebijakan kesehatan nasional dan diselaraskan dengan sistem jaminan kesehatan nasional (JKN) serta kebijakan-kebijakan lain seperti ketahanan obat dan alat kesehatan.

Kebijakan farmasi disusun sebagai bagian integral dari sistem kesehatan nasional untuk menjamin bahwa seluruh proses terkait obat dan pelayanan kefarmasian

dilaksanakan secara terarah, efisien, dan bertanggung jawab. Secara umum, tujuan utama kebijakan farmasi meliputi:

- a. Menjamin Ketersediaan Obat yang Aman, Bermutu, dan Terjangkau. Memastikan bahwa semua jenis obat, terutama obat esensial, tersedia dalam jumlah yang cukup dan tepat waktu di seluruh wilayah Indonesia. Mengurangi ketergantungan terhadap impor melalui penguatan industri farmasi dalam negeri.
- b. Meningkatkan Aksesibilitas Obat bagi Seluruh Lapisan Masyarakat. Menjamin bahwa obat dapat diakses oleh semua kelompok masyarakat, termasuk di daerah terpencil, tertinggal, dan perbatasan. Menyediakan obat generik berkualitas dengan harga terjangkau melalui program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN).
- c. Mendorong Penggunaan Obat yang Rasional. Menjamin bahwa obat digunakan secara tepat sesuai indikasi medis, dosis, durasi, dan cara penggunaan yang benar oleh tenaga kesehatan maupun pasien. Mengurangi praktik polypharmacy, self-medication berlebihan, dan penggunaan antibiotik yang tidak rasional.
- d. Menjamin Mutu Pelayanan Kefarmasian. Yaitu meningkatkan profesionalisme dan peran apoteker dalam pelayanan kesehatan. Meningkatkan pelayanan farmasi klinik, manajemen obat, dan edukasi pasien.
- e. Mendorong Kemandirian Industri Farmasi Nasional. Meningkatkan kapasitas produksi bahan baku obat

(BBO) dalam negeri. Meningkatkan inovasi dan pengembangan obat dalam negeri, termasuk obat herbal terstandar dan fitofarmaka.

- f. Menjamin Pengawasan dan Keamanan Obat. Mengatur proses registrasi, distribusi, hingga pengawasan pasca-edarnya obat. Melindungi masyarakat dari obat palsu, ilegal, atau tidak memenuhi syarat mutu dan keamanan.
- g. Mendukung Sistem Kesehatan Nasional Secara Berkelanjutan. Menjadi bagian dari kebijakan strategis sektor kesehatan yang menjamin keberlanjutan pembiayaan dan efektivitas program kesehatan nasional.

3. Ruang Lingkup Regulasi Farmasi

Regulasi farmasi memiliki cakupan yang sangat luas dan menyeluruh, meliputi seluruh siklus hidup obat dan pelayanan kefarmasian, dari pengembangan, produksi, distribusi, pengawasan, hingga penggunaan obat oleh pasien. Ruang lingkup ini bertujuan untuk menjamin mutu, keamanan, efikasi, dan keterjangkauan obat bagi masyarakat serta menjamin pelayanan farmasi yang profesional dan etis.

a. Produksi dan registrasi Obat

Produksi obat adalah proses pembuatan sediaan farmasi yang mencakup formulasi, pengolahan, pengemasan, pelabelan, serta pengendalian mutu, sesuai dengan standar dan regulasi yang ditetapkan pemerintah. Produksi obat di Indonesia wajib mematuhi prinsip Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB) atau *Good Manufacturing Practice* (GMP).

Aspek yang Diatur dalam Produksi Obat:

- 1) Izin Industri Farmasi.
- 2) Standar CPOB untuk menjamin produk yang aman, bermutu, dan konsisten.
- 3) Fasilitas dan SDM.
- 4) Pengawasan dan Audit Produksi.

Registrasi obat adalah proses penilaian dan persetujuan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) sebelum suatu obat dapat diedarkan di Indonesia. Setiap obat wajib memiliki Nomor Izin Edar (NIE) sebelum dapat dipasarkan.

Tujuan registrasi obat untuk Menjamin mutu, keamanan, dan khasiat obat sebelum digunakan oleh masyarakat, melindungi konsumen dari obat palsu, berbahaya, atau tidak efektif dan memastikan bahwa obat memenuhi standar farmasi nasional dan internasional.

Jenis obat yang wajib didaftarkan adalah obat konvensional (obat bebas, bebas terbatas, keras). Obat generik dan generik bermerek, Obat tradisional, jamu, fitofarmaka, suplemen kesehatan, obat impor dan obat biologi.

Dokumen yang Diperlukan untuk Registrasi:

- 1) Dokumen administrasi (profil perusahaan, sertifikat CPOB, dsb.).
- 2) Dokumen teknis (formula, metode analisis, data stabilitas, dsb.).
- 3) Data non-klinik dan klinik (untuk obat baru).

4) Desain kemasan dan label.

b. Distribusi dan Peredaran Obat

Distribusi obat adalah seluruh kegiatan penyaluran sediaan farmasi dari produsen hingga ke fasilitas pelayanan kesehatan atau apotek, melalui jalur resmi dan legal, dengan tujuan memastikan bahwa obat tersedia dalam jumlah, mutu, dan waktu yang tepat. Distribusi obat harus dilakukan oleh pelaku usaha yang memiliki izin dan memenuhi standar Cara Distribusi Obat yang Baik (CDOB) atau *Good Distribution Practice* (GDP).

Tujuan Distribusi Obat yang Diatur :

- 1) Menjamin mutu dan keamanan obat sepanjang rantai distribusi.
- 2) Mencegah peredaran obat ilegal, palsu, rusak, atau kadaluwarsa.
- 3) Menjamin ketersediaan dan aksesibilitas obat secara merata di seluruh wilayah Indonesia.
- 4) Mencegah penyimpangan dalam pengadaan dan penggunaan obat keras serta obat yang dikontrol seperti narkotika dan psikotropika.

Distribusi obat di Indonesia hanya boleh dilakukan oleh pihak-pihak yang telah memiliki izin resmi, yaitu Pedagang Besar Farmasi (PBF) yang merupakan badan usaha yang menyalurkan sediaan farmasi dalam jumlah besar dari produsen ke apotek, rumah sakit, dan puskesmas. Ada berbagai macam PBF, diantaranya PBF Khusus Obat Narkotika dan Psikotropika. Distributor alat kesehatan dan suplemen kesehatan. Termasuk

pihak yang menyalurkan produk non-obat yang terdaftar di BPOM.

Peredaran obat adalah seluruh proses penyaluran, penjualan, dan penggunaan obat oleh masyarakat setelah obat diproduksi dan mendapatkan izin edar dari pemerintah. Proses ini mencakup pergerakan obat dari distributor ke fasilitas pelayanan kesehatan (apotek, rumah sakit, puskesmas, klinik), hingga ke tangan pasien atau konsumen akhir

Peredaran obat harus legal, terkendali, dan diawasi, untuk menjamin bahwa masyarakat mendapatkan obat yang aman, bermutu, dan berkhasiat sesuai standar. Tujuan regulasi peredaran obat untuk menjamin obat yang beredar memiliki izin edar resmi dari BPOM, melindungi masyarakat dari obat palsu, rusak, kadaluwarsa, atau yang tidak memenuhi standar mutu, mengendalikan penyalahgunaan obat keras, narkotika, psikotropika. Selain itu meningkatkan aksesibilitas obat yang aman dan terjangkau.

Peredaran obat di Indonesia diklasifikasikan berdasarkan tingkat pengawasan dan risiko penggunaannya terhadap kesehatan masyarakat. Kategori ini juga menentukan cara memperoleh dan siapa yang berhak mengakses obat tersebut.

- 1) Obat Bebas (*Over The Counter/OTC*). Simbol: Lingkaran hijau dengan garis tepi hitam. Ciri-ciri dapat dibeli bebas tanpa resep dokter. Digunakan untuk penyakit ringan atau gejala umum (misalnya: vitamin, parasetamol dosis rendah, antasida). Contoh: Paracetamol 500 mg, Antangin, Promag. Tempat penjualan di apotek,

- toko obat berizin, minimarket (khusus yang berizin).
- 2) Obat Bebas Terbatas. Simbol: Lingkaran biru dengan garis tepi hitam dan peringatan khusus. Ciri-ciri dapat dibeli tanpa resep, tapi harus dengan informasi atau edukasi tambahan dari apoteker. Mengandung zat aktif yang berisiko ringan jika digunakan tidak sesuai aturan. Contoh: CTM, Ibuprofen 200 mg, Pseudoefedrin. Peringatan: Biasanya dilabeli dengan peringatan 1–6 seperti "P No. 1: Awas! Obat keras. Bacalah aturan pakai." Tempat penjualan hanya di apotek dan toko obat berizin (tidak di minimarket).
 - 3) Obat Keras. Simbol Lingkaran merah dengan huruf K di tengah dan garis tepi hitam. Ciri-ciri hanya boleh dibeli dengan resep dokter. Berisiko tinggi terhadap efek samping dan penyalahgunaan. Wajib disimpan dan didistribusikan dengan pengawasan ketat. Contoh: Amoksisilin, Metformin, Amlodipin. Tempat penjualan: Hanya di apotek dengan apoteker yang bertanggung jawab.
 - 4) Obat Narkotika. Simbol: Palang (+) merah di dalam lingkaran. Ciri-ciri mengandung zat aktif yang mempengaruhi sistem saraf pusat, berpotensi tinggi disalahgunakan. Penggunaan sangat terbatas, hanya boleh digunakan dalam pengawasan medis ketat. Contoh: Morfin, Fentanil. Regulasi Khusus: Harus dicatat dan dilaporkan penggunaannya, dan hanya dapat diresepkan oleh dokter tertentu.

- 5) Obat Psikotropika. Tidak ada simbol khusus di kemasan, namun dicantumkan sebagai golongan psikotropika. Contoh: Diazepam, Alprazolam, Haloperidol.
- 6) Obat Herbal (Jamu, Obat Tradisional, Fitofarmaka). Digunakan secara turun-temurun atau berdasarkan penelitian ilmiah. Ada yang terdaftar sebagai obat tradisional, obat herbal terstandar, atau fitofarmaka. Contoh: Jamu pegal linu, kapsul ekstrak kunyit, tablet sambiloto.

c. Pelayanan Kefarmasian

Pelayanan kefarmasian adalah bagian dari pelayanan kesehatan yang dilakukan oleh tenaga kefarmasian (apoteker dan TTK) yang bertujuan untuk menjamin ketersediaan, mutu, keamanan, khasiat/efikasi, dan penggunaan obat yang rasional bagi pasien dan masyarakat.

Pelayanan kefarmasian mencakup kegiatan yang lebih luas dari sekadar penyediaan obat, yakni mencakup promosi, pencegahan, pengobatan, hingga rehabilitasi melalui pengelolaan obat dan pelayanan farmasi klinik.

Tujuan Pelayanan Kefarmasian:

- 1) Menjamin akses terhadap obat yang berkualitas dan terjangkau.
- 2) Meningkatkan penggunaan obat secara rasional.
- 3) Melindungi pasien dari obat yang tidak aman atau tidak sesuai.
- 4) Memberikan pendampingan farmasi klinik bagi pasien.

- 5) Meningkatkan kepuasan dan keselamatan pasien melalui peran aktif apoteker.

d. Penggunaan Obat

Penggunaan obat adalah seluruh proses pemilihan, pemberian, pemantauan, dan evaluasi obat yang dilakukan oleh tenaga kesehatan dan pasien untuk mencapai hasil terapi yang optimal dan menghindari efek yang merugikan.

Penggunaan obat yang baik harus berdasarkan prinsip Penggunaan Obat yang Rasional (POR), yaitu pasien menerima obat yang sesuai kebutuhan klinisnya, dalam dosis tepat, untuk waktu yang cukup, dan dengan biaya yang terjangkau.

Penggunaan obat memiliki peran sentral dalam sistem pelayanan kesehatan. Tujuannya tidak hanya untuk mengobati penyakit, tetapi juga mencakup aspek pencegahan, pemulihan, dan peningkatan kualitas hidup pasien. Berikut adalah tujuan utamanya untuk menyembuhkan atau mengendalikan penyakit, mencegah penyakit, memulihkan fungsi tubuh, mengurangi gejala atau nyeri. Meningkatkan kualitas hidup, menghindari komplikasi dan resistensi, efisiensi biaya dan sumber daya.

e. Pengawasan dan Penegakan Hukum

Pengawasan farmasi adalah serangkaian kegiatan untuk memastikan bahwa semua tahapan dalam siklus obat mulai dari produksi, distribusi, peredaran, hingga penggunaan dilakukan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Penegakan hukum dalam bidang farmasi merujuk pada tindakan hukum yang dilakukan oleh instansi berwenang untuk menindak pelanggaran terhadap regulasi kefarmasian, seperti peredaran obat ilegal, pelanggaran praktik kefarmasian, atau produksi obat tanpa izin.

C. Dasar Hukum Regulasi Farmasi di Indonesia

1. Undang-Undang Terkait Kefarmasian

- a. UU No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan
Mengatur tanggung jawab negara terhadap pelayanan kesehatan, termasuk kefarmasian.
- b. UU No. 36 Tahun 2014 tentang Tenaga Kesehatan
Menyatakan apoteker sebagai tenaga kesehatan yang memiliki kewenangan profesional.
- c. UU No. 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan (Omnibus Law Kesehatan)
Mengintegrasikan berbagai regulasi kefarmasian dan memperkuat sistem kesehatan nasional.

2. Peraturan Pemerintah

- a. PP No. 51 Tahun 2009 tentang Pekerjaan Kefarmasian
Menjadi landasan operasional apoteker dalam melaksanakan praktik profesi.
- b. PP No. 72 Tahun 1998 tentang Pengamanan Sediaan Farmasi dan Alat Kesehatan
Menyediakan dasar hukum pengawasan mutu, distribusi, dan keamanan obat.

3. Peraturan Menteri Kesehatan

- a. Permenkes No. 73 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Apotek.
- b. Permenkes No. 74 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas.
- c. Permenkes No. 58 Tahun 2014 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Rumah Sakit.
- d. Permenkes No. 3 Tahun 2020 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit.

4. Peraturan BPOM

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) memiliki berbagai peraturan teknis yang menjadi pedoman dalam pengawasan dan pengendalian produk farmasi, mulai dari produksi, distribusi, peredaran, hingga penarikan produk.

D. Lembaga Pengatur dan Pengawas Kefarmasian

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI) adalah lembaga pemerintahan yang bertugas menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan, termasuk merumuskan, menetapkan, dan mengawasi pelaksanaan kebijakan nasional terkait sektor kesehatan dan kefarmasian.

Kemenkes RI berperan penting dalam:

- a. Penyusunan regulasi di bidang farmasi.
- b. Pengawasan dan pembinaan tenaga kesehatan, termasuk apoteker.

- c. Penyusunan kebijakan nasional obat dan perbekalan kesehatan.
- d. Koordinasi dengan lembaga lain seperti BPOM, MTKI, dan organisasi profesi.

2. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM)

Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) adalah lembaga pemerintah non-kementerian yang bertanggung jawab langsung kepada Presiden Republik Indonesia, dengan tugas utama mengawasi dan menjamin keamanan, mutu, dan khasiat produk-produk berikut, obat, obat tradisional, suplemen kesehatan, makanan dan minuman, kosmetika, produk biologi dan bahan berbahaya.

Peran BPOM dalam Farmasi:

- a. Registrasi Obat: Obat yang diproduksi atau diimpor harus mendapatkan Nomor Izin Edar (NIE) dari BPOM.
- b. Inspeksi dan Sertifikasi CPOB: Memastikan industri farmasi memenuhi standar Cara Pembuatan Obat yang Baik (CPOB).
- c. Pengawasan Obat Beredar: Melakukan sampling, uji laboratorium, dan penarikan produk jika ditemukan pelanggaran mutu/keselamatan.
- d. Penindakan: Bekerja sama dengan aparat hukum dalam menangani peredaran obat ilegal, palsu, atau tidak memenuhi syarat.
- e. Sistem e-Registration dan e-Market Surveillance: Menggunakan platform digital untuk pengawasan real-time.

3. Majelis Tenaga Kesehatan Indonesia (MTKI)

Majelis Tenaga Kesehatan Indonesia (MTKI) adalah lembaga yang dibentuk oleh pemerintah pusat untuk melaksanakan sebagian tugas pemerintah dalam hal registrasi tenaga kesehatan, termasuk apoteker, menetapkan dan mengawasi standar kompetensi, menjamin mutu pelayanan tenaga kesehatan serta melindungi masyarakat dari pelayanan yang tidak kompeten.

4. Ikatan Apoteker Indonesia (IAI)

Ikatan Apoteker Indonesia (IAI) adalah organisasi profesi resmi yang menaungi seluruh apoteker di Indonesia. IAI berfungsi sebagai wadah pembinaan dan pengawasan profesi apoteker serta menjadi mitra strategis pemerintah dalam menjamin mutu pelayanan kefarmasian.

Fungsi Utama IAI dalam Pengaturan dan Pengawasan Kefarmasian

- a. Pengaturan Etika dan Disiplin Profesi.
- b. Pengawasan Pelaksanaan Praktik Kefarmasian.
- c. Pembinaan dan Sertifikasi Kompetensi.
- d. Advokasi dan Perlindungan Profesi.
- e. Kerja Sama dengan Pemerintah dan Lembaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Kesehatan Indonesia.
- BPOM RI. (2022). Laporan Tahunan BPOM.
- Ikatan Apoteker Indonesia (IAI). (2023). Pedoman Praktik Kefarmasian Indonesia.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023). Kebijakan Obat Nasional (KONAS).
- Kementerian Kesehatan RI. (2020). Kebijakan Obat Nasional (KONAS).
- Kementerian Kesehatan RI. (2023). Pilar Ketiga Transformasi Sistem Kesehatan: Ketersediaan Obat dan Vaksin
- Kementerian Kesehatan RI. (2024). Transformasi Digital Sektor Kesehatan.
- Peraturan Pemerintah No. 51 Tahun 2009 tentang Pekerjaan Kefarmasian.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 73 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Apotek.
- Peraturan Menteri Kesehatan No. 74 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 2014 tentang Tenaga Kesehatan.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan.
- WHO. (2002). Promoting Rational Use of Medicines: Core Components.
- WHO. (2021). Good Pharmacy Practice Guidelines.

BAB 11

MANAJEMEN FARMASI DISTRIBUSI, PENYIMPANAN DAN PENGAWASAN OBAT

Oleh apt. April Nuraini, M.Farm.

A. Pendahuluan

Manajemen farmasi merupakan salah satu aspek penting dalam sistem pelayanan kesehatan yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan, mutu, dan penggunaan obat yang rasional. Salah satu elemen krusial dalam manajemen farmasi adalah pengelolaan distribusi, penyimpanan, dan pengawasan obat yang baik dan benar. Proses ini tidak hanya memengaruhi efisiensi rantai pasok obat, tetapi juga berdampak langsung pada keselamatan pasien dan kualitas pelayanan kesehatan.

Distribusi obat harus dilakukan secara tepat waktu dan sesuai dengan standar agar produk farmasi sampai ke pengguna akhir dalam kondisi yang optimal. Penyimpanan obat memerlukan perhatian khusus terhadap suhu, kelembaban, pencahayaan, serta keamanan untuk menjaga stabilitas dan efektivitas obat. Selain itu, pengawasan obat penting untuk mencegah penyalahgunaan, pemalsuan, serta memastikan bahwa obat yang sudah kedaluwarsa atau rusak tidak digunakan oleh pasien.

Dengan pengelolaan yang terstruktur dan sesuai dengan regulasi, manajemen farmasi dalam hal distribusi, penyimpanan, dan pengawasan obat dapat mendukung keberhasilan terapi serta menjaga kepercayaan masyarakat terhadap sistem pelayanan kesehatan.

B. Manajemen Farmasi Distribusi

Manajemen distribusi farmasi merupakan bagian penting dari sistem logistik obat yang bertujuan untuk menjamin ketersediaan obat secara tepat waktu, tepat jumlah, tepat mutu, dan tepat sasaran. Proses distribusi yang baik memastikan bahwa obat-obatan yang dibutuhkan oleh fasilitas pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit, puskesmas, maupun apotek, tersedia sesuai dengan permintaan dan standar mutu yang ditetapkan.

Dalam praktiknya, distribusi farmasi melibatkan berbagai kegiatan seperti perencanaan kebutuhan, pengadaan, penyimpanan sementara, pengemasan, hingga pengiriman obat ke titik pelayanan. Semua tahapan ini harus dilakukan dengan memperhatikan prinsip-prinsip efisiensi, keamanan, dan kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku, termasuk pedoman Cara Distribusi Obat yang Baik (CDOB).

Distribusi obat yang tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan berbagai risiko, seperti keterlambatan pengiriman, kerusakan produk akibat kondisi pengangkutan yang tidak sesuai, hingga masuknya obat palsu ke dalam rantai pasok. Oleh karena itu, penguatan manajemen distribusi farmasi menjadi krusial dalam menjamin keberlanjutan pelayanan kesehatan yang berkualitas dan menjamin keselamatan pasien.

1. Sistem distribusi Sentralisasi

Sistem distribusi sentralisasi adalah metode distribusi obat di mana seluruh pengelolaan logistik, mulai dari penerimaan, penyimpanan, hingga pendistribusian obat ke unit pelayanan dilakukan secara terpusat oleh instalasi farmasi atau gudang pusat. Dalam sistem ini, satu unit atau bagian farmasi bertanggung jawab penuh terhadap seluruh proses distribusi di dalam suatu fasilitas kesehatan.. (Siregar, 2003)

Keuntungan system ini:

- a. Memudahkan pengawasan dan pengendalian stok obat.
- b. Mengurangi risiko penyalahgunaan dan pemborosan obat.
- c. Meningkatkan efisiensi karena pemusatan pengelolaan logistik.
- d. Lebih mudah dalam penerapan sistem FIFO/FEFO dan monitoring kedaluwarsa.

Kekurangan:

- a. Menyebabkan keterlambatan pelayanan jika permintaan obat tidak ditangani cepat.
- b. Membutuhkan sistem administrasi dan logistik yang kuat.
- c. Kurang fleksibel untuk kondisi darurat yang membutuhkan obat secara cepat.

2. Sistem pelayanan terbagi (Desentralisasi)

Sistem desentralisasi adalah metode distribusi obat di mana pengelolaan obat tidak hanya dilakukan oleh satu

unit pusat, tetapi dibagi ke beberapa unit pelayanan atau ruangan, seperti ruang rawat inap, UGD, ICU, dan lainnya. Masing-masing unit tersebut memiliki persediaan obat sendiri dan dapat melakukan pelayanan farmasi secara langsung kepada pasien di unitnya. (Siregar, 2003)

Keuntungan system ini adalah:

- a. Mempercepat pelayanan karena obat langsung tersedia di tempat pelayanan.
- b. Memberikan fleksibilitas untuk penanganan kondisi darurat.
- c. Meningkatkan hubungan dan koordinasi antara tenaga medis dan farmasi di masing-masing unit.

Kekurangan:

- a. Pengawasan dan pengendalian stok menjadi lebih sulit karena tersebar.
- b. Risiko pemborosan, kedaluwarsa, atau penyalahgunaan lebih tinggi.
- c. Membutuhkan pelatihan dan tanggung jawab lebih di tiap unit pelayanan.

Sistem distribusi di unit pelayanan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Sistem Permintaan (*Request System*)
 - 1) Unit pelayanan (seperti ruang rawat inap, ICU, UGD) mengajukan permintaan obat ke instalasi farmasi berdasarkan kebutuhan pasien atau stok yang menipis.
 - 2) Biasanya dilakukan secara berkala (harian, mingguan) atau sesuai kebutuhan mendesak.

- 3) Cocok untuk sistem desentralisasi.
 - 4) Kelebihan: Fleksibel, sesuai kebutuhan nyata.
 - 5) Kekurangan: Potensi keterlambatan jika permintaan tidak segera diproses.
- b. Sistem Distribusi Berdasarkan Konsumsi (*Consumption-Based System*).
- 1) Distribusi obat dilakukan berdasarkan data riwayat penggunaan sebelumnya.
 - 2) Instalasi farmasi mengirimkan obat ke unit pelayanan tanpa menunggu permintaan, dengan asumsi pola kebutuhan tetap atau berulang.
 - 3) Efisien untuk unit dengan pola penggunaan obat yang stabil.
- c. Sistem Pemenuhan Berdasarkan Standar Persediaan (*Stock Level System*)
- 1) Obat didistribusikan secara rutin untuk menjaga jumlah stok minimum dan maksimum di unit pelayanan.
 - 2) Jika stok unit turun di bawah batas minimum, maka farmasi akan mengisi ulang hingga batas maksimum.
 - 3) Cocok untuk mencegah kehabisan stok dan menjaga kontinuitas pelayanan.
- d. Sistem Unit Dose (Dosis Tunggal)
- 1) Obat didistribusikan ke pasien berdasarkan dosis harian atau sesuai jadwal terapi individual.

- 2) Dikelola sepenuhnya oleh instalasi farmasi, sehingga setiap dosis yang diberikan sudah dikemas dan disiapkan khusus untuk pasien tertentu.
- 3) Digunakan di rumah sakit dengan sistem pelayanan farmasi klinik yang maju.
- 4) Kelebihan: Meminimalisir kesalahan pemberian obat, efisien, terkontrol.
- 5) Kekurangan: Membutuhkan sistem dokumentasi dan koordinasi yang baik.

e. Sistem *Floor Stock*

Sistem *floor stock* adalah metode distribusi obat di mana instalasi farmasi menyediakan dan menyimpan sejumlah obat di masing-masing unit pelayanan (seperti ruang rawat inap, UGD, ICU) dalam jumlah terbatas. Obat-obatan ini disimpan langsung di unit untuk digunakan secara cepat dan langsung oleh tenaga medis tanpa harus mengajukan permintaan ke instalasi farmasi setiap kali dibutuhkan. Ciri-ciri sistem *floor stock* adalah '+:

- 1) Unit pelayanan menyimpan persediaan obat dalam jumlah tertentu untuk penggunaan langsung tanpa permintaan tiap kali.
- 2) Biasanya hanya untuk obat-obatan yang sering digunakan atau kondisi darurat.
- 3) Instalasi farmasi melakukan pengisian ulang secara berkala.
- 4) Kelebihan: Pelayanan cepat.

- 5) Kekurangan: Risiko kedaluwarsa, pemborosan, dan kurangnya pengawasan.

C. Manajemen Penyimpanan

Manajemen penyimpanan merupakan aspek penting dalam sistem distribusi farmasi yang bertujuan untuk menjaga mutu, stabilitas, dan keamanan obat selama berada di fasilitas pelayanan kesehatan. Penyimpanan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan penurunan kualitas obat, kerusakan, bahkan membahayakan keselamatan pasien.

Komponen penyimpanan yang harus di perhatikan adalah, antara lain :

1. Suhu dan kelembapan harus sesuai dengan spesifikasi penyimpanan obat dengan suhu ideal antara 15-25 derajat °C . Untuk obat yang sensitif, diperlukan lemari pendingin (2-8°C) atau freezer. Kelembaban harus dikontrol agar tidak menyebabkan kerusakan fisik pada obat, terutama tablet dan kapsul.
2. Ventilasi dan Pencahayaan, Ruangan harus memiliki ventilasi yang baik agar sirkulasi udara lancar. Hindari paparan sinar matahari langsung karena bisa merusak stabilitas obat.
3. Kebersihan Ruangan.
4. Pengaturan rak dan penyusunan obat.
5. Label dan penandaan.
6. Penerapan sistem FIFO dan FEFO.
7. Keamanan, Ruang penyimpanan harus bisa dikunci dan hanya diakses oleh petugas berwenang. Obat narkotika

dan psikotropika disimpan di lemari terkunci dengan pencatatan khusus.

8. Pencatatan dan dokumentasi meliputi sistem pencatatan stok yang akurat, baik manual maupun elektronik.
9. Pemisahan obat, untuk obat yang telah kedaluwarsa di simpan di tempat yang berbeda atau di ruang karantina dan diberi label "Jangan Digunakan". Obat baru dan lama tidak dicampur.

Metode penyimpanan obat mengacu pada cara atau strategi yang digunakan untuk mengatur, menata, dan menjaga obat-obatan di ruang penyimpanan agar tetap aman, terpantau, dan mudah diakses sesuai kebutuhan. Tujuannya adalah memastikan mutu, stabilitas, dan keamanan obat tetap terjaga hingga digunakan.

1. Metode FIFO (*First In, First Out*). Obat yang masuk pertama ke gudang harus dikeluarkan lebih dulu, tanpa memperhatikan tanggal kedaluwarsa. Cocok untuk obat dengan stabilitas tinggi dan tanggal kedaluwarsa yang panjang. Membantu mencegah penumpukan stok lama.
2. Metode FEFO (*First Expired, First Out*). Obat dengan tanggal kedaluwarsa paling dekat harus dikeluarkan lebih dulu, meskipun masuk belakangan. Digunakan untuk semua jenis obat, terutama yang memiliki batas stabilitas yang sensitif. Lebih aman dan direkomendasikan untuk menghindari penggunaan obat yang sudah tidak layak.
3. Metode Abjad (*Alphabetical Storage*). Obat disusun berdasarkan urutan abjad nama generik atau nama

dagang. Memudahkan pencarian cepat berdasarkan nama. Umumnya digunakan dalam apotek atau ruang pelayanan farmasi.

4. Metode Berdasarkan Kategori Obat. Obat disimpan sesuai jenis atau golongannya, seperti obat keras, obat bebas, obat psikotropika/narkotika, obat injeksi, obat cair, tablet, salep, dan lain-lain.
5. Metode Berdasarkan Bentuk Sediaan. Disusun sesuai bentuk fisik obat: tablet, kapsul, injeksi, cairan, topikal, suppositoria, dll. Memudahkan dalam proses pengambilan dan penghitungan stok.
6. Metode Berdasarkan Kebutuhan Unit. Obat disusun berdasarkan frekuensi penggunaan oleh unit pelayanan tertentu. Obat yang sering digunakan diletakkan di tempat yang mudah dijangkau.
7. Metode Penyimpanan Khusus. *Cold chain*: Untuk vaksin, insulin, dan obat yang memerlukan suhu dingin (2–8°C). Lemari terkunci, untuk narkotika, psikotropika, atau obat berbahaya. Ruang karantina, untuk obat rusak, kedaluwarsa, atau sedang dalam proses evaluasi.

Rumah sakit wajib menyediakan tempat khusus untuk menyimpan obat-obatan emergensi yang diperuntukkan bagi situasi gawat darurat. Lokasi penyimpanan ini harus mudah dijangkau serta aman dari potensi penyalahgunaan dan pencurian. Pengelolaan obat emergensi harus memastikan bahwa:

1. Jenis dan jumlah obat sesuai dengan daftar yang telah ditentukan.

2. Tidak dicampur dengan stok obat lain yang berbeda peruntukan.
3. Obat yang telah digunakan dalam keadaan darurat harus segera digantikan.
4. Pemeriksaan berkala dilakukan untuk memastikan tidak ada obat yang kedaluwarsa. dan
5. Penggunaan obat untuk keperluan selain emergensi tidak diperbolehkan (Anonim, 2016).

Peralatan penyimpanan di gudang:

1. Peralatan Penyimpanan Kondisi Umum.
2. Lemari/rak yang rapi dan terlindung dari debu, kelembaban dan cahaya yang berlebihan.
3. Lemari/rak dalam jumlah yang cukup untuk memuat sediaan farmasi, alat Kesehatan dan BMHP
4. Jarak antara barang yang diletakka di posisi tertinggi dengan langit-langit minimal 50 cm.
5. Langit-langit tifak berpori dan bocor.
6. Ruang harus bebas dari serangga dan binatang pengganggu.
7. Tersedia system pendingin yang dapat menjaga suhu ruangan dibawah 25°C
8. Tersedia alat pemantau suhu ruang dan lemari pendingin.
9. Lantai dilengkapi dengan palet (Dina Sintia Pamela, 2019).

Peralatan Penyimpanan Kondisi Khusus:

1. Lemari pendingin dan AC untuk obat yang termolabil.
2. Fasilitas peralatan penyimpanan dingin harus divalidasi secara berkala.
3. Lemari penyimpanan khusus untuk narkotika dan obat psikotropika.

Peralatan untuk penyimpanan obat, penanganan dan pembuangan limbah sitotoksik dan obat berbahaya harus dibuat secara khusus untuk menjamin keamanan petugas, pasien dan pengunjung.

Ruang Penyimpanan Obat

Ruang penyimpanan obat adalah fasilitas khusus yang digunakan untuk menyimpan seluruh jenis obat dan bahan medis agar tetap terjaga mutu, keamanan, dan efektivitasnya sampai digunakan. Desain dan pengelolaan ruang ini harus memenuhi standar farmasi dan pedoman penyimpanan yang ditetapkan oleh otoritas kesehatan, seperti Cara Distribusi Obat yang Baik (CDOB).

Karakteristik ruang penyimpanan obat yang ideal:

1. Tertutup dan aman: Ruang harus dapat dikunci dan memiliki akses terbatas hanya untuk petugas yang berwenang.
2. Suhu dan kelembaban terkontrol: Menyediakan alat pemantau suhu (termometer) dan kelembaban (higrometer). Umumnya, suhu ideal untuk penyimpanan adalah 15–25°C.
3. Ventilasi dan pencahayaan yang baik: Harus memiliki sirkulasi udara yang cukup dan pencahayaan memadai tanpa sinar matahari langsung.

4. Bersih dan teratur: Terhindar dari debu, hama, dan bahan-bahan berbahaya. Kebersihan rutin sangat diperlukan.
5. Tersedia rak, lemari, dan penanda: Obat harus disusun secara sistematis dan diberi label agar memudahkan identifikasi serta pengambilan.
6. Pemisahan obat tertentu, Obat psikotropika dan narkotika disimpan di lemari terkunci. Obat kedaluwarsa atau rusak harus dipisahkan dari stok aktif. Obat yang memerlukan pendinginan harus disimpan dalam lemari es farmasi.

Macam-macam sistem penyimpanan yang umum digunakan, khususnya dalam konteks penyimpanan obat di fasilitas pelayanan kesehatan seperti rumah sakit:

1. Sistem Penyimpanan Terbuka (*Open Storage System*). Obat disimpan di rak terbuka sehingga mudah diakses dan diawasi. Sistem ini cocok untuk area dengan tingkat keamanan tinggi atau untuk obat yang tidak tergolong berisiko tinggi.
2. Sistem Penyimpanan Tertutup (*Closed Storage System*). Menggunakan lemari atau laci yang dapat dikunci untuk menyimpan obat-obatan, terutama yang bersifat terbatas, berbahaya, atau berisiko disalahgunakan.
3. Sistem FIFO (*First In, First Out*). Obat yang pertama masuk harus digunakan terlebih dahulu. Sistem ini membantu menghindari kedaluwarsa dan memaksimalkan efisiensi stok.
4. Sistem FEFO (*First Expired, First Out*). Obat yang memiliki tanggal kedaluwarsa paling dekat harus digunakan lebih dulu, meskipun tidak masuk lebih

awal. Sistem ini penting dalam manajemen obat dengan masa simpan terbatas.

5. Sistem Zonasi (*Zoning System*). Penyimpanan dikelompokkan berdasarkan jenis, fungsi, atau tingkat risiko obat. Misalnya, pemisahan antara obat emergensi, narkotika/psikotropika, obat rutin, dan obat khusus.
6. Sistem Kardeks atau *Log Book*. Setiap pengeluaran dan pemasukan obat dicatat secara manual atau digital untuk memudahkan pelacakan dan audit.
7. Sistem Otomatis (*Automated Storage System*). Menggunakan teknologi seperti lemari pintar atau vending machine untuk menyimpan dan mengeluarkan obat. Biasanya dilengkapi dengan sistem pelacakan stok secara *real-time*.
8. Sistem Penyimpanan Suhu Terkontrol. Penyimpanan obat dilakukan pada suhu tertentu sesuai kebutuhan, misalnya lemari pendingin untuk vaksin atau insulin.

D. Pengawasan Obat

Manajemen pengawasan obat adalah proses sistematis dalam merencanakan, mengorganisasi, melaksanakan, dan mengevaluasi aktivitas pengawasan terhadap seluruh aspek peredaran dan penggunaan obat, untuk menjamin keamanan, khasiat, dan mutu obat yang dikonsumsi masyarakat. Manajemen ini mencakup pengendalian internal dan eksternal terhadap rantai suplai obat, serta penegakan regulasi yang berlaku.

Metode Manajemen Pengawasan Obat adalah pendekatan atau cara sistematis yang digunakan untuk

memastikan seluruh proses pengawasan obat berjalan efektif, efisien, dan terukur. Berikut ini adalah metode-metode utama dalam manajemen pengawasan obat:

1. Metode preventif, metode ini digunakan untuk mencegah terjadinya pelanggaran atau peredaran obat yang tidak sesuai.
2. Metode deteksi Dini (*Early Detection*). Metode ini mengidentifikasi potensi masalah obat sebelum menimbulkan dampak luas. Tindakan bisa berupa penggunaan sistem pelaporan efek samping obat, inspeksi mendadak, dan penggunaan teknologi untuk pelacakan penggunaan obat.
3. Metode Inspeksi dan Audit dengan cara mengevaluasi kepatuhan terhadap standar (SOP) dan regulasi pengawasan obat.
4. Metode Evaluasi dan Monitoring dengan cara menilai efektivitas kegiatan pengawasan

Pengawasan obat memiliki peran penting dalam menjamin keamanan, efektivitas, dan ketersediaan obat di fasilitas pelayanan kesehatan. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari pengawasan obat:

1. Menjamin Keselamatan Pasien
Dengan pengawasan yang baik, risiko kesalahan penggunaan obat (seperti dosis salah, obat kedaluwarsa, atau interaksi obat yang berbahaya) dapat diminimalkan.
2. Mencegah Penyalahgunaan dan Kehilangan Obat
Terutama untuk obat-obatan tertentu seperti narkotika dan psikotropika, pengawasan mencegah

penyalahgunaan, pencurian, atau penggunaan tidak sesuai prosedur.

3. **Menjaga Kualitas dan Stabilitas Obat**
Pengawasan memastikan bahwa obat disimpan sesuai dengan standar, termasuk suhu dan kelembapan, sehingga tidak mengalami penurunan mutu.
4. **Menjamin Ketersediaan Obat**
Pengawasan stok membantu memastikan bahwa obat-obatan penting, terutama obat emergensi, selalu tersedia saat dibutuhkan.
5. **Efisiensi Pengelolaan Obat**
Dengan pengawasan yang tepat, penggunaan obat bisa dikendalikan agar tidak terjadi pemborosan atau kelebihan stok yang tidak perlu.
6. **Mendukung Kepatuhan Terhadap Regulasi**
Pengawasan memastikan bahwa pengelolaan obat sesuai dengan peraturan pemerintah dan standar akreditasi rumah sakit.
7. **Memudahkan Audit dan Evaluasi**
Dengan sistem pengawasan yang terdokumentasi, proses audit atau evaluasi penggunaan obat menjadi lebih mudah dan transparan.
8. **Meningkatkan Kepercayaan Publik**
Rumah sakit atau fasilitas kesehatan yang memiliki sistem pengawasan obat yang baik akan lebih dipercaya oleh pasien dan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (2016) PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 72 TAHUN 2016 TENTANG STANDAR PELAYANAN KEFARMASIAN DI RUMAH SAKIT.
- Dina Sintia Pamela, D. (2019) *PETUNJUK TEKNIS STNDAR PELAYANAN KEFARMASIAN DI APOTEK, KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA*. JAKARTA.
- Kementerian Kesehatan RI. 2009. Undang-Undang Kesehatan Nomor 36, Jakarta
- Lapodi .R, 2023, Managemen Strategik Rumah Sakit, Sidoarjo, Uwais Inspirasi Indonesia
- Rikomah, S. E. (2017). *Farmasi Rumah Sakit*. Deepublish.
- Rusli (2016) *FARMASI RUMAH SAKIT DAN KLINIK KOMPREHENSIF. 1st edn, KEMENTERIAN KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA. 1st edn. JAKARTA: KEMENTERIAN KESEHATAN RI.*
- Saputra, Y.D. (2019) '*MANAJEMEN FARMASI UNTUK MAHASISWA FARMASI, TENAGA KEFARMASIAN DAN KALANGAN UMUM*', in N.P.. Nur (ed.). Yogyakarta: PT. Pustaka Baru.
- Siregar, C.J.P. (2003) *Farmasi Rumah Sakit*. JAKARTA: Egc.
- Siregar, Charles JP (2003). *Farmasi Rumah Sakit: Teori & Penerapan*. Jakarta : EGC.

BAB 12

MASA DEPAN ILMU FARMASI, TANTANGAN DAN INOVASI DALAM PENGEMBANGAN FARMASI

Oleh apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.

A. Pendahuluan

Ilmu farmasi merupakan disiplin ilmu yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi, kebutuhan masyarakat, dan tantangan global dalam sistem pelayanan kesehatan. Peran farmasis yang dulunya terbatas pada peracikan dan pendistribusian obat kini telah bergeser menuju fungsi yang lebih luas dan strategis, termasuk sebagai konsultan terapi, pengelola data kesehatan, dan inovator dalam pengembangan obat.

Namun, perkembangan ini tidak datang tanpa tantangan. Munculnya penyakit baru, resistensi antimikroba, kesenjangan akses terhadap obat esensial, serta laju inovasi yang sangat cepat menuntut dunia farmasi untuk beradaptasi dengan pendekatan baru yang lebih canggih, efektif, dan terintegrasi. Di sisi lain, revolusi teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), nanoteknologi, farmakogenomik, dan terapi presisi menghadirkan peluang besar dalam menciptakan sistem kesehatan yang lebih personal, efisien, dan berorientasi pada pasien.

Dalam konteks inilah penting untuk mengkaji masa depan ilmu farmasi dari dua sisi: tantangan nyata yang harus diatasi serta inovasi yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas layanan kesehatan dan terapi.

B. Masa Depan Ilmu Farmasi

Masa depan ilmu farmasi merujuk pada arah perkembangan ilmu, teknologi, praktik, dan peran profesi kefarmasian yang akan datang, sebagai respons terhadap tantangan kesehatan global, kemajuan sains, serta kebutuhan masyarakat yang semakin kompleks. Fokus utama dari masa depan ilmu farmasi meliputi, inovasi dalam penemuan dan penghantaran obat, transformasi peran farmasis, digitalisasi layanan kefarmasian, penerapan terapi presisi dan pendekatan pengobatan berbasis data individu (*personalized medicine*), serta penguatan kolaborasi lintas disiplin.

1. Transformasi Peran Farmasis di Era Digital

Era digital telah mengubah secara drastis cara layanan kesehatan disampaikan. Teknologi seperti e-health, AI, dan big data telah membuka peluang baru bagi profesi farmasis untuk berkontribusi lebih besar dalam sistem kesehatan. Farmasis tidak lagi hanya bertugas di belakang meja apotek, tetapi kini terlibat aktif dalam pengambilan keputusan klinis, edukasi pasien, dan pengelolaan data kesehatan digital.

Peran baru farmasis dalam era digital adalah sebagai konsultan terapi digital yaitu memberikan edukasi dan konseling obat melalui platform daring dan membantu pasien menggunakan aplikasi pengingat minum obat atau pemantau efek samping.

Tantangan dalam transformasi ini adalah kurangnya pelatihan teknologi digital di kurikulum farmasi, adaptasi terhadap sistem baru yang kompleks dan cepat berubah, etika dan privasi data pasien dalam layanan daring, ketimpangan akses teknologi di berbagai wilayah.

2. Kolaborasi Interdisipliner dalam Riset Obat

Kolaborasi interdisipliner dalam riset obat adalah kerja sama lintas bidang ilmu seperti farmasi, kimia, biologi molekuler, teknologi informasi, kedokteran, hingga teknik untuk mempercepat dan memperluas proses penemuan, pengembangan, dan evaluasi obat baru. Kerja sama ini sangat penting karena rancangan dan pengujian obat modern sangat kompleks dan memerlukan keahlian dari berbagai disiplin ilmu.

Tujuan kolaborasi dalam riset obat adalah untuk mempercepat proses penemuan obat (*drug discovery*), meningkatkan efektivitas dan keamanan terapi, menurunkan biaya dan risiko kegagalan dalam uji klinis, mengintegrasikan pendekatan teknologi tinggi seperti AI, bioinformatika, dan farmakogenomik.

Bentuk kolaborasi nyata penelitian bersama antar universitas dan industri farmasi, konsorium internasional, startup bioteknologi dengan raksasa farmasi dan platform penelitian terbuka untuk berbagi data genomik dan senyawa obat.

Manfaat kolaborasi interdisipliner yaitu untuk meningkatkan inovasi dan ide baru, memperluas akses ke sumber daya penelitian, meningkatkan validitas dan daya guna hasil riset, memungkinkan penemuan obat yang lebih terpersonalisasi.

3. Pendidikan dan Kurikulum Farmasi Masa Depan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang farmasi, serta pergeseran peran farmasis dari sekadar penyedia obat menjadi mitra terapi pasien, menuntut adanya reformasi kurikulum pendidikan farmasi. Kurikulum masa depan harus mampu menghasilkan lulusan yang tidak hanya kompeten secara ilmiah, tetapi juga adaptif terhadap teknologi dan mampu bekerja dalam tim interdisipliner.

Ciri-ciri kurikulum farmasi masa depan adalah berbasis kompetensi dan kebutuhan sistem kesehatan, Integrasi Teknologi Digital, interdisipliner, fleksibel, modular, fokus pada soft skills dan etika. Metode pembelajaran yang di terapkan dalam bentuk *blended learning*, *problem based learning* (PBL), virtual labs dan simulasi klinis dan continuous assessment.

4. Tren Global dan Arah Kebijakan Kefarmasian

Perubahan epidemiologi global, perkembangan teknologi, dan meningkatnya tuntutan terhadap pelayanan kesehatan mendorong negara-negara di seluruh dunia untuk menyesuaikan kebijakan kefarmasian mereka. Tujuannya adalah memastikan bahwa layanan farmasi efisien, aman, berbasis bukti, dan berpusat pada pasien. Tren global dalam dunia kefarmasian melibatkan personalisasi terapi dan farmakogenomik dalam penerapan terapi yang disesuaikan dengan profil genetik pasien. Perluasan Peran Farmasis Klinis. Farmasis kini terlibat dalam pengambilan keputusan terapi, pemantauan efek samping, dan pengelolaan penyakit kronis. Banyak negara memberikan otoritas lebih besar kepada farmasis, termasuk dalam penyesuaian dosis dan pemberian vaksin.

5. Prediksi Inovasi Farmasi 10–20 Tahun Mendatang

Prediksi inovasi farmasi 10-20 tahun mendatang berfokus pada terapi presisi dan farmakogenomikn menjadi standar, obat pintar dan sistem penghantaran adaptif, vaksin dan terapi gen generasi lanjut, layanan farmas virtual dan terintegrasi.

Vaksin DNA/mRNA akan berkembang untuk penyakit non-infeksi seperti kanker dan alergi, terapi gen akan menjadi standar untuk penyakit bawaan dan langka. Dalam hal ini *editing gen* (CRISPR) kemungkinan akan menjadi bagian dari pengobatan reguler.

C. Tantangan Dalam Ilmu Farmasi Modern

Ilmu farmasi terus berkembang pesat seiring kemajuan teknologi dan ilmu biomedis. Namun, kemajuan ini juga menghadirkan berbagai tantangan kompleks yang harus dihadapi oleh tenaga kefarmasian, peneliti, industri farmasi, dan sistem pelayanan kesehatan secara umum.

1. Resistensi Antimikroba (*Antimicrobial Resistance/AMR*). Penggunaan antibiotik yang tidak rasional menyebabkan mikroorganisme menjadi kebal terhadap terapi. Tantangan besar bagi farmasis dalam edukasi pasien, pemantauan terapi, dan pengembangan antibiotik baru. Menuntut strategi global dalam penggunaan antibiotik yang bijak dan terkontrol.
2. Akses Terbatas terhadap Obat Esensial. Masih banyak masyarakat di wilayah terpencil atau negara berkembang yang sulit mengakses obat penting. Tantangan bagi industri farmasi dan pemerintah untuk menjamin ketersediaan obat secara merata.

3. Perubahan Regulasi dan Standar Global. Regulasi obat yang semakin ketat (oleh BPOM, FDA, EMA, dsb.) menuntut proses uji klinis dan pendaftaran yang panjang serta mahal. Farmasis industri dan klinis harus selalu mengikuti regulasi terkini untuk menjamin mutu dan keamanan obat.
4. Kemajuan Teknologi yang Cepat. Inovasi seperti AI, terapi gen, dan bioteknologi memerlukan penyesuaian kurikulum pendidikan farmasi dan pelatihan ulang profesional. Farmasis perlu beradaptasi dengan teknologi digital (e.g., e-prescription, big data, sistem informasi farmasi).
5. Keamanan dan Efektivitas Obat Baru. Banyak obat baru berbasis biologis dan genetik memiliki profil efek samping kompleks dan jangka panjang yang belum sepenuhnya diketahui. Menuntut sistem farmakovigilans yang kuat dan keterlibatan farmasis dalam pemantauan terapi.
6. Kurangnya Edukasi Publik tentang Obat. Masih banyak masyarakat yang salah memahami penggunaan obat, seperti antibiotik dan obat herbal. Tantangan besar bagi apoteker dalam memberikan edukasi rasionalisasi penggunaan obat dan interaksi obat.
7. Masalah Etika dan Keamanan Data. Digitalisasi layanan kesehatan membawa risiko terhadap kerahasiaan data pasien. Dibutuhkan pedoman etika baru untuk farmasis di era digital, terutama terkait e-farmasi dan telepharmacy.
8. Perubahan Tren Penyakit. Munculnya penyakit baru (seperti COVID-19) dan peningkatan penyakit kronis menuntut pengembangan terapi dan pendekatan baru.

Farmasis harus ikut aktif dalam penelitian dan pengembangan obat serta vaksin.

D. Inovasi dan Teknologi dalam Pengembangan Farmasi

1. Nanoteknologi dalam Penghantaran Obat

Nanoteknologi adalah teknologi yang memanipulasi materi pada skala nano (1–100 nanometer). Dalam bidang farmasi, nanoteknologi digunakan untuk merancang sistem penghantaran obat (*drug delivery system*) yang lebih efisien, terarah, dan minim efek samping.

Konsep penghantaran obat berbasis nano adalah mengoptimalkan efektivitas terapi dengan cara:

- a. Mengantarkan obat secara tepat ke lokasi target (misalnya jaringan kanker),
- b. Mengendalikan laju pelepasan obat agar lebih stabil dan berkepanjangan,
- c. Mengurangi toksisitas sistemik dan efek samping obat,
- d. Meningkatkan bioavailabilitas, terutama untuk obat yang sulit larut atau cepat rusak di dalam tubuh.

Prinsip Dasar Sistem *Nano Drug Delivery*. Sistem ini bekerja dengan mengemas zat aktif obat ke dalam partikel berskala nano, lalu mendistribusikannya melalui sirkulasi tubuh. Saat mencapai target spesifik, obat dilepaskan melalui berbagai mekanisme, seperti difusi lambat, respon terhadap lingkungan spesifik (pH, enzim, suhu), pemicu eksternal (cahaya, magnet, ultrasound).

Keunggulan Konsep *Nano Delivery* diantaranya adalah penghantaran selektif ke organ atau sel sasaran. Dosis lebih rendah dengan efektivitas yang sama atau lebih tinggi. Cocok untuk obat hidrofobik, tidak stabil, atau mudah terdegradasi. Potensi besar dalam pengobatan kanker, infeksi, dan gangguan neurologis.

2. Farmakogenomik dan Terapi Presisi

Farmakogenomik adalah cabang ilmu yang mempelajari bagaimana variasi genetik individu memengaruhi respons terhadap obat. Dengan menganalisis profil genetik pasien, farmakogenomik bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas terapi dan mengurangi risiko efek samping obat.

Manfaat Farmakogenomik dalam Terapi adalah untuk menentukan obat yang paling efektif untuk pasien tertentu, menyesuaikan dosis optimal berdasarkan metabolisme pasien. Menghindari efek samping serius akibat genetik yang memengaruhi metabolisme obat. Membantu dokter memilih terapi alternatif jika pasien memiliki mutasi genetik tertentu. Contoh penerapan farmakogenomik seperti pada obat kanker (Onkologi), obat kardiovaskuler, obat psikiatri dan neurologi serta obat HIV/AIDS.

Terapi presisi atau pengobatan individualisasi adalah pendekatan medis yang menyesuaikan jenis dan dosis obat berdasarkan faktor genetik, lingkungan, dan gaya hidup pasien. Farmakogenomik adalah dasar utama dari penerapan terapi presisi.

3. Pengembangan Vaksin dan Terapi Biologis

Vaksin adalah sediaan biologis yang merangsang sistem imun untuk menghasilkan kekebalan terhadap penyakit tertentu, biasanya berupa virus atau bakteri.

Vaksin dan terapi biologis kini menjadi ujung tombak dalam pengobatan modern, terutama dalam menghadapi penyakit infeksi, kanker, dan gangguan autoimun.

Beberapa inovasi penting dalam dunia vaksin meliputi:

- a. mRNA Vaccines: Seperti Pfizer-BioNTech dan Moderna untuk COVID-19. Teknologi ini memungkinkan pengembangan cepat dan respons imun yang kuat.
- b. Vaksin DNA dan Protein Subunit: Lebih stabil dan mudah diproduksi dalam skala besar.
- c. Platform Vektor Virus: Menggunakan virus yang telah dimodifikasi untuk membawa materi genetik, seperti vaksin AstraZeneca.

Terapi biologis (*biologic therapy*) mencakup produk medis yang berasal dari organisme hidup, seperti antibodi monoklonal, protein fusi, sitokin, dan terapi sel atau gen. Terapi biologis adalah bentuk pengobatan yang menggunakan zat yang berasal dari organisme hidup atau yang dimodifikasi secara biologis untuk mengobati atau mencegah penyakit. Dalam konteks vaksin, terapi biologis bertujuan untuk menstimulasi sistem imun agar mengenali dan melawan patogen seperti virus dan bakteri.

Jenis-Jenis Vaksin sebagai Terapi Biologis

- a. Vaksin Inaktif (*Killed Vaccines*).
- b. Vaksin Hidup yang Dilemahkan (*Live Attenuated Vaccines*).
- c. Vaksin Subunit dan Konjugat.
- d. Vaksin Toksoid.
- e. Vaksin mRNA.
- f. Vaksin Vektor Virus.
- g. Vaksin DNA.

4. E-Farmasi dan Digitalisasi Layanan Kefarmasian.

Farmasi (*Electronic Pharmacy*) adalah sistem penyediaan layanan kefarmasian yang memanfaatkan teknologi digital dan internet untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan aksesibilitas terhadap obat serta informasi obat. Digitalisasi layanan kefarmasian merujuk pada proses mengubah dan mengintegrasikan aktivitas farmasi tradisional ke dalam bentuk digital guna mendukung pelayanan yang lebih cepat, transparan, dan terintegrasi.

Digitalisasi ini mencakup berbagai aspek, mulai dari resep elektronik (*e-prescription*), sistem informasi apotek, konsultasi farmasi online, hingga manajemen logistik obat berbasis sistem digital.

Komponen E-Farmasi dan Digitalisasi Layanan Kefarmasian

- a. *E-Prescription* (Resep Elektronik). Sistem penulisan dan pengiriman resep obat secara digital antara dokter dan apoteker. E-Prescription berguna untuk

mengurangi risiko kesalahan pembacaan tulisan tangan dan meningkatkan keamanan pasien.

- b. *Electronic Health Records (EHR)* Terintegrasi. Data pasien terpusat yang dapat diakses oleh apoteker untuk memahami riwayat medis dan terapi sebelumnya.
- c. Sistem Informasi Apotek (SIAp). Perangkat lunak untuk manajemen stok obat, transaksi penjualan, pengelolaan resep, dan pelaporan, mempermudah pengelolaan operasional apotek harian.
- d. Konsultasi Farmasi Online (*Telepharmacy*). Layanan konsultasi penggunaan obat melalui video call, chat, platform digital, memperluas akses masyarakat terhadap edukasi penggunaan obat yang benar.
- e. Aplikasi Mobile Farmasi. Aplikasi untuk pemesanan obat, pengingat minum obat, pelacakan efek samping, pemantauan terapi, dan meningkatkan keterlibatan pasien dalam manajemen kesehatan.
- f. Sistem Pelacakan dan Manajemen Logistik Obat. Teknologi barcode atau RFID untuk pelacakan distribusi obat dari produsen ke apotek. Mencegah pemalsuan obat dan meningkatkan efisiensi rantai pasok.
- g. Automated Dispensing Systems. Mesin otomatis untuk meracik dan mendistribusikan obat sesuai resep. Digunakan di rumah sakit dan apotek modern untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan pelayanan.
- h. Integrasi dengan Sistem Asuransi dan BPJS. Sistem digital yang terhubung langsung dengan penyedia

layanan asuransi untuk klaim obat. Mempermudah proses administrasi bagi pasien dan apoteker.

DAFTAR PUSTAKA

- Addressing Competencies for the Future in the Professional Curriculum. (PubMed).
- Arnet, A. (2024). Innovating Pharmacy Education: Preparing Pharmacists for Tomorrow's Healthcare Challenges. *Journal of Applied Pharmacy*, 16(2), 414.
- Autonomous Pharmacy. (Wikipedia, 2025).
- Brown, T. P. (2023, October 23). *Experiential Education Paves the Way for the Future of Pharmacy Curricula*. Pharmacy Times.
- Dewangan, A., & Sahu, R. K. (2022). Pharmacy Education and Training: Current Trends and Future Directions. *History of Medicine*, 8(2).
- Firda Riska Rahayu, I. S., & Hendriani, R. (2025). Review Article: Implementation of Telepharmacy Service in Community Pharmacy. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 273–280
- Emerging Innovations and Professional Skills Needed Within Pharmacy Curricula. (PMC).
- Leslie Dan Faculty of Pharmacy. (Wikipedia).
- Mutiarani, A. (2025, July 15). *Penerapan telefarmasi: Solusi pelayanan obat di era digital*. Kumparan
- Nasri, N. (2025, March 21). Pharmacy management system (PMS) dalam transformasi digital apotek: A review. *Trend And Issue In Healthcare*, 2(1)
- PubMed – Addressing Competencies for the Future in the Professional Curriculum. Fokus: Identifikasi kompetensi masa depan seperti patient-centered care, interprofessional collaboration, profesionalisme, dan pembelajaran mandiri.

Zhou, Z., Wang, X., & Yan, J. (2024). Future Trends in Pharmacy Education Reform: Integration of Big Data and Intelligent Technologies. *Frontiers in Educational Research*, 7(10).

BIODATA PENULIS



apt. Nafisah Isnawati, S.Farm., M.Si.

Dosen Program Studi Farmasi Program Sarjana
Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Dr. Soebandi Jember

Penulis Lahir di Banyuwangi, Jawa Timur, SD dan Madrasah Tsanawiyah di Kalibaru, Madrasah Aliyah Negeri II Jember. Program Sarjana Farmasi di Universitas Wahid Hasyim Semarang, Profesi Apoteker dan Pasca Sarjana Farmasi Jurusan Managemen Farmasi Rumah Sakit di Universitas Setia Budi Surakarta. Riwayat pekerjaan sebagai Apoteker Pelaksana Di Rumah Sakit Bina Sehat Jember, Guru Produktif di SMK Farmasi Yannas Husada Bangkalan. Guru Produktif di SMK Kesehatan dr. Soebandi Jember, Saat ini aktif sebagai APA di Apotek Semesta Group Cabang Ambulu dan sebagai Dosen di Universitas dr. Soebandi Jember. Penulis saat ini menekuni bidang Farmasi Komunitas, Manajemen Farmasi, dan Formulasi dan Teknologi Sediaan Farmasi, dan Kosmetika. Selain aktif mengajar penulis sebagai Reviewer di Komisi Etik Penelitian Kesehatan dan Reviewer/Mitra Bestari Jurnal

Penelitian dan Jurnal Pengabdian Masyarakat. Email:
nafis@uds.ac.id.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. H. Apriyanto, S.E., M.Si., M.M.

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Akuntansi
Perpajakan
Politeknik Tunas Pemuda, Tangerang Banten

Penulis memperoleh gelar sarjana (S-1) dan S-2 (Magister) dari Institut Pertanian Bogor (IPB), sekarang IPB University, sedangkan gelar doktor (S-3) dalam bidang manajemen pendidikan diperoleh dari Universitas Islam Nusantara Bandung. Kegiatan mengajarnya dimulai sejak tahun 1997 hingga kini pada beberapa Perguruan Tinggi Swasta di wilayah Jakarta, Bogor, Tangerang, dan Bekasi (JABOTABEK). Pada tahun 2010, mendapat tugas tambahan menjadi Ketua Dewan Pembina Yayasan Rizky Putra Harapan Bangsa, yang mewadahi SMK Tunas Pemuda, Politeknik Tunas Pemuda, dan STIE Triguna Tangerang.

BIODATA PENULIS



apt. Drs. Muhammad Syahrir, M.Si.

Dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Tompotika Luwuk

Penulis lahir di Makassar pada 29 November 1968. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) di Universitas Hasanuddin pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), jurusan Farmasi, pada tahun 1993. Selanjutnya, ia meraih gelar Apoteker melalui Program Profesi Apoteker di universitas yang sama pada tahun 1995. Guna memperdalam keahliannya di bidang farmasi, ia melanjutkan pendidikan Magister (S2) di Universitas Gadjah Mada dan berhasil menyelesaikan studi pada Program Manajemen Farmasi Rumah Sakit pada tahun 2003.

Memiliki pengalaman luas di bidang farmasi dan pelayanan kesehatan, Muhammad Syahrir pernah bertugas di Rumah Sakit Umum Banggai dan menjabat sebagai Kepala Instalasi Farmasi selama 18 tahun (1997–2015). Ia

kemudian melanjutkan pengabdianya di Dinas Kesehatan Kabupaten Banggai dengan menjabat sebagai Kepala Bidang Pelayanan dan Pengawasan Farmasi, Makanan, dan Minuman pada tahun 2015–2016.

Pada tahun 2016, ia bergabung dengan Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi (LLDIKTI) Wilayah IX sebagai dosen Aparatur Sipil Negara (ASN). Kemudian, pada tahun 2021, ia bergabung dengan LLDIKTI Wilayah XVI sebagai dosen ASN Dosen Pegawai Negeri yang Dipekerjakan (DPK) di Universitas Tompotika Luwuk, tempat ia mengabdikan diri hingga saat ini sebagai tenaga pendidik di Fakultas Kesehatan Masyarakat.

Dengan pengalaman akademik dan profesional yang luas, Muhammad Syahrir terus berkontribusi dalam pengembangan ilmu farmasi, manajemen pelayanan kesehatan, serta pendidikan tinggi di Indonesia.

BIODATA PENULIS



apt. Yahdian Rasyadi, M.Farm.

Dosen Program Studi Farmasi Klinis
Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Baiturrahmah

Penulis lahir di Bandung tanggal 17 November 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Farmasi Klinis Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Baiturrahmah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Farmasi, Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker dan S2 pada Program Studi Magister Farmasi di Fakultas Farmasi Universitas Andalas. Penulis menekuni bidang Teknologi Farmasi dan saat ini sudah dengan jabatan akademik Lektor Kepala dalam bidang ilmu Teknologi Farmasi tersebut. Saat ini penulis juga berperan sebagai Sekretaris Lembaga Pengembangan Pengajaran dan Penjaminan Mutu (LP3M) Universitas Baiturrahmah. Tulisan dalam buku ini salah satu kontribusi penulis dalam rangka mengembangkan pengajaran.

Instagram: @yahdianrasya

email: yahdian_rasyadi@fk.unbrah.ac.id

BIODATA PENULIS



apt. Bayu Eko Prasetyo, S.Farm., M.Sc.

Dosen Program Studi Sarjana Farmasi
Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas
Farmasi Universitas Sumatera Utara (USU)

Penulis lahir di Cirebon, Jawa Barat pada tanggal 12 Oktober 1984. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Farmasi, Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Fakultas Farmasi, USU, Medan. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Farmasi dan program profesi apoteker di Fakultas Farmasi USU dan melanjutkan S2 pada bidang *Pharmaceutical Technology* di Fakultas Farmasi, Universiti Kebangsaan Malaysia. Saat ini penulis aktif mengajar dan meneliti di bidang teknologi farmasi khususnya teknologi sediaan farmasi solid dan semisolid, Biofarmasetika dan Farmakokinetika, Good laboratory Practice, K3, Instrumentasi dan pengembangan sistem penghantaran obat dengan teknologi nano untuk meningkatkan absorpsi obat dan pengontrolan pelepasan obat.

BIODATA PENULIS



apt. Khoirunnisa Muslimawati, M.S.Farm.

Dosen bidang Kimia Farmasi lebih khusus lagi berfokus pada bidang Kimia Medisinal dan Kimia Komputasi, di Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat

Penulis yang lahir di Banjarmasin pada tanggal 02 April 1996 ini menempuh Pendidikan S1 (2017) dan Profesi Apoteker (2019) di Universitas Lambung Mangkurat dan Pendidikan S2 di Program Pascasarjana Sekolah Farmasi ITB (2022). Penelitian penulis berfokus pada bidang komputasi seperti HKSA, Docking Molekul, dan Dinamika Molekul.

Penulis dapat dihubungi melalui:
e-mail: khoirunnisamuslimawati@ulm.ac.id

BIODATA PENULIS



apt. Putri Helena Junjung Buih, S.Farm., M.Farm.

Dosen Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker, Jurusan
Farmasi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Lambung Mangkurat

Penulis lahir di Banjarmasin tanggal 20 Agustus 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker, Jurusan Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Farmasi di Universitas Lambung Mangkurat, profesi Apoteker dan S2 Farmasi di Universitas Ahmad Dahlan. Penulis menekuni bidang teknologi farmasi dan farmasi bahan alam.

BIODATA PENULIS



apt. Okta Muthia Sari, M.Farm.

Dosen bidang Farmasi Klinis di Program Studi Farmasi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lambung Mangkurat

Penulis lahir di Murung Pudak pada tanggal 30 Oktober 1993 ini menyelesaikan gelar magister farmasi pada November 2018 dan mulai aktif sebagai dosen pada Januari tahun 2019. Pengalaman mengajar penulis diantaranya patologi, farmakologi dasar, farmakoterapi dan interaksi obat.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail:
okta.sari@ulm.ac.id

BIODATA PENULIS



apt. Nazhipah Isnani, M.Sc.

Dosen di Program Studi Farmasi Universitas Lambung
Mangkurat (ULM)

Penulis lahir di Banjarmasin pada tanggal 3 Juni 1991. Dengan latar belakang akademik yang kuat, beliau aktif dalam penelitian dan pengajaran di bidang farmasi, berfokus pada bidang farmasi klinik. Sebagai seorang pendidik, Nazhipah berkomitmen untuk mendalami topik-topik terbaru dalam dunia farmasi dan memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan di ULM.

Penulis dapat dihubungi melalui: e-mail:
nazhipah@ulm.ac.id

BIODATA PENULIS



apt. Ayu Angger Putri M. Soleh, M.Farm.

Dosen Farmasi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi (UDS) Jember

Penulis adalah seorang dosen Farmasi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi (UDS) Jember, terhitung mulai 1 April 2024. Sebelumnya menjadi Ketua Program Studi Sarjana Farmasi di STIKes Harapan Bangsa Jember (Periode 2019-2023). Penulis adalah putra dari Bapak Wizra Muhammad Saleh dan Ibu Suyatmi. Ia dilahirkan di Surabaya 21 November 1990. Pendidikan dasar, menengah hingga perguruan tinggi diselesaikan di kota kelahirannya Surabaya. Menyelesaikan S1 Farmasi, di Fakultas Farmasi UBAYA pada tahun 2013. Ayu Angger Putri M. Soleh melanjutkan pendidikan Profesi Apoteker di Fakultas Farmasi UBAYA, lulus pada tahun 2014, sesuai dengan cita-citanya menjadi Apoteker dan Dosen. Pada 2017, dari universitas yang sama Ayu Angger Putri M. Soleh menyelesaikan pendidikan S2 memperoleh gelar Magister Farmasi. Selain pendidikan bergelar tersebut di atas, Ayu Angger Putri M. Soleh juga

menjadi pemateri seminar di dalam dan luar negeri, antara lain: Seminar Internasional “Adapting Healthcare systems for future challenges”, UDS, 30 Juli 2024; Webinar Nasional Kimia Farmasi, UDS, 17 Juli s.d. 18 Juli 2025. Sampai saat ini penulis sebagai Dosen Farmasi di Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi (UDS) Jember.

BIODATA PENULIS



apt. April Nuraini, M.Farm.

Dosen di Universitas Noor Huda Mustofa Bangkalan
Program studi Farmasi Klinik dan Komunitas dan Pemilik
Sarana Apotek Youfit

Penulis lahir di Surabaya, 17 April 1983. Pendidikan program Sarjana (S1) di Universitas Surabaya prodi Farmasi dan profesi Apoteker serta menyelesaikan program Pasca Sarjana (S2) di Universitas Surabaya. Riwayat pekerjaan pernah bekerja sebagai guru SMK Farmasi Sekesal Surabaya. Saat ini bekerja sebagai dosen di Universitas Noor Huda Mustofa Bangkalan Program studi Farmasi Klinik dan Komunitas dan Pemilik Sarana Apotek Youfit.

BIODATA PENULIS



apt. Khrisna Agung Cendekiawan, M.Kes., M.Farm.

Praktisi farmasi di Rumah Sakit Citra Husada Jember,
Owner dari Apotek Annisa dan Apotek Rania Jember, serta
Dosen di Universitas dr. Soebandi Jember

Penulis beliau aktif menulis dan melakukan Pengabdian Masyarakat, serta berpartisipasi sebagai peserta ataupun panitia dalam acara Apoteker skala regional maupun Nasional. Pengalaman beliau sebagai Pengurus Ikatan Apoteker Indonesia dan Ketua Umum Ikatan Keluarga Alumni Fakultas Farmasi Universitas Jember memberikan gambaran bagaimana perilaku organisasi yang tepat terutama bagi masyarakat. Tentu edisi kali ini belum sepenuhnya mengupas secara rinci tentang bagaimana perilaku organisasi secara menyeluruh, namun setidaknya dapat memberikan gambaran secara umum pentingnya menjaga perilaku dalam organisasi baik berskala kecil maupun yang lebih besar.



UNIVERSITAS dr. SOEBANDI

FAKULTAS ILMU KESEHATAN

Jl. Dr Soebandi No. 99 Jember, Telp/Fax. (0331) 483536,
E_mail : fikes@uds.ac.id Website: <http://www.uds.di.ac.id>

SURAT PERINTAH TUGAS

Nomor : 6795/FIKES-UDS/ST.D/X/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ai Nur Zannah, S. ST.,M.Keb.
NIK : 19891219 201309 2 038
Jabatan : Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas dr. Soebandi

MEMUTUSKAN

Diperintahkan Kepada : Nama : apt. Nafisah Isnawati., M.Si
NIDN : 0724128002
Maksud Mengadakan : Sebagai Penulis Buku dengan judul "Pengantar Ilmu Farmasi" Penerbit
Perjalanan : Lingkar Edukasi Indonesia
Tujuan : *Offline*
Alat Angkutan : -
Hari/Tanggal : 9 Oktober 2025

Keterangan

1. Setelah selesai melakukan tugas ini segera membuat laporan kepada kami
2. SPT ini mulai berlaku sejak tanggal dikeluarkan

Dikeluarkan di : Jember
Pada tanggal : 10 Oktober 2025

Universitas dr. Soebandi
Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan,



Ai Nur Zannah, S. ST.,M.Keb.
NIK. 19891219 201309 2 038