

apt. Made Asmarani Dira, S.Farm., M.Biomed.



ILMU BIOMEDIK FARMASI

ILMU BIOMEDIK FARMASI

apt. Made Asmarani Dira, S.Farm., M.Biomed.

ILMU BIOMEDIK FARMASI

Penulis:

apt. Made Asmarani Dira, S.Farm., M.Biomed.

Desain Cover:

Helmaria Ulfa

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

Handarini Rohana

Editor:

Neneng Sri Wahyuni

ISBN:

978-634-246-239-3

Cetakan Pertama:

Oktober, 2025

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 519/JBA/2025

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: [@penerbitwidina](https://www.instagram.com/penerbitwidina)

Telepon (022) 87355370

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul **“Ilmu Biomedik Farmasi”** telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan tentang Ilmu Biomedik Farmasi.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan *“tiada gading yang tidak retak”* dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang.

Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Agustus, 2025
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1 RUANG LINGKUP ILMU BIOMEDIK FARMASI	1
A. Definisi dan Ruang Lingkup Biomedik Farmasi.....	1
B. Peran Biomedik Dalam Ilmu Farmasi.....	2
C. Sejarah dan Perkembangan Ilmu Biomedik.....	4
D. Hubungan Antara Ilmu Biomedik dan Terapi Obat	7
BAB 2 BIOKIMIA DALAM FARMASI	11
A. Struktur dan Fungsi Biomolekul	11
B. Enzim dan Metabolisme	13
C. Jalur Metabolik Utama (Karbohidrat, Lipid, Protein, Nukleotida)...	15
D. Regulasi Biokimia dan Homeostasis	18
BAB 3 BIOLOGI SEL DAN MOLEKULER	21
A. Struktur dan Fungsi Sel.....	21
B. Komunikasi Antar Sel.....	23
C. Mekanisme Transduksi Sinyal.....	24
D. Teknologi DNA Rekombinan dan Aplikasi Molekuler	26
BAB 4 ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM ORGAN	29
A. Sistem Saraf	29
B. Sistem Endokrin	30
C. Sistem Pencernaan	32
D. Sistem Kardiovaskular	33
E. Sistem Pernapasan	36
F. Sistem Urinaria dan Reproduksi	38
G. Perubahan Fisiologi Akibat Pemberian Obat.....	41

BAB 5 MIKROBIOLOGI FARMASI	45
A. Klasifikasi dan Karakteristik Mikroorganisme	45
B. Mekanisme Patogenitas	47
C. Interaksi Mikroba Dengan Tubuh Manusia	49
D. Prinsip Dasar Sterilisasi dan Antiseptik	52
BAB 6 IMUNOLOGI DASAR DAN TERAPAN	55
A. Sistem Imun Bawaan dan Adaptif	55
B. Antigen dan Antibodi	56
C. Reaksi Immunologis	59
D. Immunopatologi dan Penyakit Autoimun	61
E. Aplikasi Immunologi Dalam Vaksin dan Immunoterapi	63
BAB 7 GENETIKA MEDIS DAN FARMAKOGENOMIK	67
A. Dasar Genetika Manusia	67
B. Mutasi Genetik dan Penyakit	69
C. Interaksi Gen-Obat (Farmakogenetik dan Farmakogenomik)	71
D. Terapi Berbasis Gen	73
BAB 8 PATOFISIOLOGI PENYAKIT	77
A. Gangguan Sel dan Jaringan	77
B. Patofisiologi Penyakit Kronis	79
C. Patofisiologi Penyakit Infeksius	81
D. Hubungan Patofisiologi dan Terapi Farmakologis	83
E. Studi Kasus Dalam Praktik Farmasi	85
BAB 9 TOKSIKOLOGI BIOMEDIK	87
A. Prinsip Dasar Toksikologi	87
B. Mekanisme Kerja Racun Secara Seluler dan Sistemik	89
C. Evaluasi Toksisitas Obat	92
D. Penanganan dan Pencegahan Efek Toksik	94
BAB 10 TEKNOLOGI BIOMEDIK DALAM PENGEMBANGAN OBAT	97
A. Bioteknologi Farmasi	97
B. Biofarmasetika	98
C. Drug Delivery System (DDS) Berbasis Biomedik	99

D. Terapi Berbasis Sel dan Jaringan	100
E. Nanoteknologi Dalam Farmasi	101
BAB 11 APLIKASI KLINIK ILMU BIOMEDIK DALAM FARMASI	105
A. Peran Apoteker Dalam Terapi Berbasis Biomedik	105
B. Studi Biomarker dan Diagnosis Dini	107
C. Pendekatan Precision Medicine	108
D. Pemantauan Terapi Berbasis Data Biomedik	110
BAB 12 ETIKA DAN ISU KONTEMPORER BIOMEDIK FARMASI	113
A. Etika Penelitian Biomedik	113
B. Isu Bioetika Dalam Teknologi Medis dan Farmasi	115
C. Regulasi dan Aspek Hukum	116
D. Tren Masa Depan Biomedik Dalam Dunia Farmasi	118
LAMPIRAN (CONTOH JURNAL)	121
DAFTAR PUSTAKA	125
GLOSARIUM	130
TENTANG PENULIS	137

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kronologis Perkembangan Ilmu Biomedik Farmasi	4
Tabel 2. Perbandingan Terapi Konvensional vs Terapi Berbasis Biomedik.....	7
Tabel 3. Fungsi dan Contoh Peran Biomolekul dalam Farmasi	12
Tabel 4. Peran Enzim dalam Metabolisme Obat dan Implikasi Klinis	14
Tabel 5. Ringkasan Jalur Metabolik Utama dan Relevansi Farmasi	15
Tabel 6. Contoh Regulasi Biokimia dan Hubungannya dengan Penyakit	19
Tabel 7. Organel Sel dan Kaitannya dengan Farmasi	22
Tabel 8. Jenis Komunikasi Antar Sel dan Aplikasinya dalam Farmasi.....	24
Tabel 9. Jalur Transduksi Sinyal dan Relevansi dalam Farmasi	26
Tabel 10. Aplikasi Teknologi DNA Rekombinan dalam Farmasi	28
Tabel 11. Contoh Neurotransmitter Utama dan Relevansi Farmasi	30
Tabel 12. Kelenjar Endokrin, Hormon, dan Relevansi Farmasi	31
Tabel 13. Organ Pencernaan dan Relevansi Farmasi	33
Tabel 14. Komponen Sistem Kardiovaskular dan Relevansi Farmasi	35
Tabel 15. Komponen Sistem Pernapasan dan Relevansi Farmasi	38
Tabel 16. Hubungan Sistem Urinaria dan Reproduksi dengan Farmasi.....	40
Tabel 17. Contoh Perubahan Fisiologi akibat Pemberian Obat	41
Tabel 18. Contoh perubahan fisiologis akibat pemberian obat beserta implikasinya	46
Tabel 19. Faktor Virulensi Mikroorganisme dan Mekanisme Patogenitas	49
Tabel 20. Contoh Hubungan Mikroba dengan Tubuh Manusia	51
Tabel 21. Metode Sterilisasi dan Contoh Antiseptik dalam Praktik Medis	54
Tabel 22. Kelas-Kelas Antibodi dan Fungsinya	58
Tabel 23. Jenis-Jenis Hipersensitivitas dalam Reaksi Immunologis.....	60
Tabel 24. Klasifikasi Immunopatologi dan Contoh Penyakit	63

Tabel 25. Jenis Vaksin dan Imunoterapi Modern	65
Tabel 26. Komponen Dasar Genetika Manusia dan Relevansinya dalam Farmasi	68
Tabel 27. Jenis Mutasi Genetik dan Relevansinya terhadap Penyakit	70
Tabel 28. Contoh Variasi Genetik yang Mempengaruhi Respon Obat	71
Tabel 29. Strategi dan Aplikasi Terapi Gen	73
Tabel 30. Jenis Adaptasi Seluler dan Contohnya	78
Tabel 31. Mekanisme Patofisiologi Penyakit Kronis dan Strategi Terapi	80
Tabel 32. Contoh Patofisiologi Penyakit Infeksius dan Strategi Terapi	82
Tabel 33. Hubungan Patofisiologi dan Terapi Farmakologis	84
Tabel 34. Studi Kasus Patofisiologi dalam Praktik Farmasi	86
Tabel 35. Faktor yang Mempengaruhi Toksisitas Zat Kimia	88
Tabel 36. Mekanisme Kerja Racun pada Tingkat Seluler dan Sistemik	91
Tabel 37. Parameter Penting dalam Evaluasi Toksisitas Obat	93
Tabel 38. Strategi Penanganan dan Pencegahan Efek Toksik	95

BAB 1

RUANG LINGKUP

ILMU BIOMEDIK FARMASI

A. DEFINISI DAN RUANG LINGKUP BIOMEDIK FARMASI

Ilmu biomedik farmasi merupakan salah satu pilar utama dalam pendidikan dan praktik farmasi modern. Bidang ini berfokus pada kajian dasar-dasar biologis, biokimia, genetika, dan fisiologi yang menjadi landasan ilmiah bagi pengembangan serta penerapan obat dalam pelayanan kesehatan. Pemahaman yang komprehensif terhadap proses biologis dan molekuler memungkinkan seorang apoteker maupun peneliti farmasi untuk memahami bagaimana suatu penyakit timbul, bagaimana tubuh meresponsnya, serta bagaimana intervensi farmakologis dapat memberikan efek terapeutik yang optimal (Katzung et al., 2021). Dengan demikian, biomedik farmasi tidak hanya berhenti pada pemahaman dasar ilmu biologi atau kimia, tetapi juga melibatkan studi mendalam mengenai interaksi kompleks antara sistem biologis manusia dengan molekul obat yang digunakan dalam terapi.

Ruang lingkup biomedik farmasi meliputi berbagai aspek, mulai dari tingkat paling sederhana yaitu sel, jaringan, dan organ, hingga integrasi dalam sistem tubuh manusia yang lebih kompleks. Bidang ini juga menjembatani pemahaman antara ilmu dasar dan ilmu terapan, khususnya dalam konteks farmakologi, toksikologi, imunologi, mikrobiologi, serta bioteknologi farmasi (Rang et al., 2022). Misalnya, pemahaman mengenai biologi sel dan molekuler sangat penting dalam menjelaskan mekanisme aksi obat, sementara pengetahuan mengenai genetika dan farmakogenomik berperan dalam memahami perbedaan respons obat antar individu.

BAB 2

BIOKIMIA DALAM FARMASI

A. STRUKTUR DAN FUNGSI BIOMOLEKUL

Biomolekul merupakan dasar kehidupan dan memiliki peran penting dalam farmasi karena menjadi target utama dalam pengembangan obat. Empat kelompok utama biomolekul adalah karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat.

Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi utama bagi sel serta berperan sebagai komponen struktural dalam dinding sel bakteri dan jaringan ikat pada manusia. Dalam konteks farmasi, karbohidrat sering menjadi bagian dari struktur glikoprotein atau glikolipid yang berperan sebagai reseptor permukaan sel. Hal ini penting, misalnya dalam mekanisme infeksi virus influenza yang berikatan dengan reseptor asam sialat pada permukaan sel inang.

Lipid berperan dalam pembentukan membran sel, penyimpanan energi jangka panjang, dan sinyal biologis. Senyawa lipid tertentu seperti prostaglandin dan leukotrien berfungsi sebagai mediator inflamasi sehingga menjadi target utama terapi antiinflamasi. Contohnya, obat golongan NSAID (Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs) bekerja dengan menghambat enzim siklooksigenase (COX) yang berperan dalam sintesis prostaglandin.

Protein merupakan biomolekul dengan fungsi paling beragam, meliputi fungsi enzimatik, transportasi, struktural, hingga regulator. Dalam farmasi, protein seringkali menjadi target utama obat. Misalnya, enzim HIV reverse transcriptase dijadikan target dalam pengembangan obat antiretroviral. Obat seperti zidovudin bekerja dengan menghambat aktivitas enzim ini, sehingga memperlambat replikasi virus HIV.

BAB 3

BIOLOGI SEL DAN MOLEKULER

A. STRUKTUR DAN FUNGSI SEL

Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil dari kehidupan yang menjadi dasar pemahaman biomedik farmasi. Struktur sel eukariotik mencakup membran plasma, sitoplasma, organel, serta inti sel yang berfungsi menyimpan informasi genetik. Setiap organel memiliki fungsi spesifik, misalnya mitokondria sebagai pusat produksi energi melalui respirasi seluler, retikulum endoplasma sebagai tempat sintesis protein dan lipid, serta lisosom sebagai pusat degradasi molekul. Dalam konteks farmasi, pemahaman struktur sel sangat penting karena menjadi target utama aksi obat, misalnya antibiotik yang menghambat sintesis dinding sel bakteri atau obat antikanker yang menargetkan replikasi DNA (Alberts et al., 2019).

Selain itu, komunikasi antar sel juga memainkan peran penting dalam memahami mekanisme aksi obat. Proses transduksi sinyal melalui reseptor membran seperti reseptor G-protein atau reseptor tirosin kinase menentukan bagaimana sel merespons stimulus eksternal, termasuk kehadiran obat. Gangguan pada mekanisme ini dapat menyebabkan berbagai penyakit, misalnya kanker akibat mutasi reseptor atau jalur pensinyalan yang tidak terkendali.

Contoh:

1. Obat golongan beta-blocker menargetkan reseptor β -adrenergik pada membran sel untuk menurunkan tekanan darah.
2. Antibiotik golongan penisilin bekerja dengan menghambat sintesis dinding sel bakteri sehingga menyebabkan lisis sel.

BAB 4

ANATOMI DAN FISILOGI SISTEM ORGAN

A. SISTEM SARAF

Sistem saraf merupakan pusat kendali utama tubuh yang mengatur hampir seluruh aktivitas fisiologis, baik sadar maupun tidak sadar. Fungsi utamanya adalah menerima rangsangan (input sensorik), mengolah informasi (integrasi), dan menghasilkan respons (output motorik). Secara struktural, sistem saraf dibagi menjadi sistem saraf pusat (SSP) yang terdiri atas otak dan medula spinalis, serta sistem saraf perifer (SSPef) yang mencakup saraf somatik dan otonom. Sistem saraf otonom sendiri terbagi lagi menjadi saraf simpatis dan parasimpatis yang bekerja secara antagonis dalam mengatur fungsi vital seperti denyut jantung, tekanan darah, dan sekresi kelenjar.

Dalam bidang farmasi, sistem saraf memiliki peran sentral karena merupakan target dari banyak obat. Obat analgesik (misalnya morfin) bekerja dengan mengikat reseptor opioid untuk mengurangi persepsi nyeri, anestesi umum memengaruhi aktivitas reseptor GABA sehingga menekan kesadaran, sedangkan obat antidepresan memengaruhi neurotransmisi serotonin atau norepinefrin untuk memperbaiki mood pasien. Mekanisme ini menegaskan bahwa pemahaman tentang neurofisiologi dan farmakologi sistem saraf sangat penting dalam pengembangan dan penggunaan terapi obat (Bear et al., 2020).

Selain itu, gangguan pada sistem saraf seperti penyakit Parkinson, Alzheimer, epilepsi, dan skizofrenia seringkali berhubungan dengan ketidakseimbangan neurotransmiter. Oleh karena itu, riset di bidang neurofarmakologi terus berkembang untuk menemukan obat yang lebih selektif dan efektif dalam mengatasi gangguan saraf.

BAB 5

MIKROBIOLOGI FARMASI

A. KLASIFIKASI DAN KARAKTERISTIK MIKROORGANISME

Pemberian obat dalam dunia farmakologi memiliki peran penting dalam memodulasi fungsi fisiologis tubuh. Obat dirancang untuk memberikan efek yang diinginkan, misalnya menurunkan tekanan darah, meredakan nyeri, atau mengurangi gejala penyakit tertentu. Namun, karena sifatnya yang memengaruhi sistem biologis, obat juga dapat menimbulkan perubahan yang tidak diharapkan. Hal ini membuat pemahaman terhadap mekanisme fisiologis tiap organ menjadi sangat penting agar efek terapi dapat tercapai secara maksimal tanpa menimbulkan risiko yang membahayakan pasien (Brunton et al., 2021).

Sebagai contoh, obat antihipertensi bekerja dengan menurunkan tekanan darah melalui mekanisme vasodilatasi atau penekanan aktivitas sistem renin-angiotensin. Mekanisme ini bermanfaat pada pasien hipertensi, tetapi pada pasien dengan tekanan darah normal bisa menimbulkan hipotensi ortostatik. Di sisi lain, obat bronkodilator mampu meningkatkan kapasitas pernapasan melalui relaksasi otot polos bronkus, sehingga efektif digunakan pada penderita asma atau penyakit paru obstruktif kronis. Kedua contoh ini menunjukkan bahwa setiap intervensi farmakologis akan selalu membawa konsekuensi perubahan fisiologis yang spesifik sesuai target organ.

BAB 6

IMUNOLOGI DASAR DAN TERAPAN

A. SISTEM IMUN BAWAAN DAN ADAPTIF

Sistem imun merupakan mekanisme pertahanan tubuh yang kompleks dan berlapis untuk melawan mikroorganisme patogen maupun zat asing yang berpotensi membahayakan tubuh. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai pelindung pasif, tetapi juga aktif mengenali, merespons, serta mengingat paparan yang pernah terjadi. Dengan demikian, sistem imun berperan penting dalam menjaga homeostasis serta meminimalkan kerusakan jaringan akibat infeksi maupun respons berlebihan (Murphy & Weaver, 2016).

Sistem imun bawaan atau innate immunity adalah garis pertahanan pertama tubuh yang bertindak cepat, meskipun tidak memiliki spesifisitas tinggi terhadap jenis patogen tertentu. Pertahanan ini melibatkan barier fisik seperti kulit dan mukosa yang mencegah masuknya mikroba, serta sekresi kimiawi seperti enzim lisozim pada air mata dan mukus di saluran pernapasan. Selain itu, sel-sel fagositik seperti neutrofil dan makrofag berfungsi menangkap serta menghancurkan mikroorganisme melalui proses fagositosis. Aktivitas ini diperkuat oleh mediator kimia seperti komplemen dan sitokin yang membantu merekrut lebih banyak sel imun ke lokasi infeksi.

Di sisi lain, sistem imun adaptif atau adaptive immunity memiliki mekanisme yang lebih lambat saat pertama kali diaktifkan, tetapi mampu menghasilkan respons yang sangat spesifik terhadap antigen tertentu. Peran utama dalam sistem ini dijalankan oleh limfosit T dan limfosit B. Limfosit T berfungsi dalam imunitas seluler, seperti menghancurkan sel yang terinfeksi virus, sedangkan limfosit B memproduksi antibodi yang berperan dalam imunitas humoral. Keunggulan sistem adaptif terletak

BAB 7

GENETIKA MEDIS DAN FARMAKOGENOMIK

A. DASAR GENETIKA MANUSIA

Genetika manusia merupakan bidang ilmu yang mempelajari bagaimana sifat dan karakteristik biologis diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya. Gen sebagai unit dasar pewarisan tersusun atas DNA (deoxyribonucleic acid) yang membentuk struktur kromosom di dalam inti sel. DNA terdiri dari nukleotida yang menyandi informasi genetik melalui susunan basa nitrogen, yaitu adenin (A), timin (T), sitosin (C), dan guanin (G). Susunan ini menjadi dasar pembentukan protein yang berperan penting dalam struktur maupun fungsi sel. Oleh karena itu, pemahaman genetika merupakan kunci dalam mengungkap keterkaitan antara gen dan kesehatan manusia (Strachan & Read, 2019).

Genom manusia terdiri dari sekitar 20.000 hingga 25.000 gen, meskipun hanya sebagian kecil yang benar-benar berfungsi menyandi protein. Sebagian besar DNA terdiri dari sekuens regulator, intron, dan DNA non-coding yang memiliki peran penting dalam mengatur ekspresi gen. Kompleksitas genom ini menjelaskan mengapa variasi genetik dapat berkontribusi besar terhadap kerentanan seseorang terhadap penyakit atau respons terhadap pengobatan. Sebagai contoh, polimorfisme nukleotida tunggal (single nucleotide polymorphism, SNP) dapat memengaruhi kecepatan metabolisme obat tertentu, sehingga menyebabkan perbedaan efektivitas maupun efek samping antarindividu.

Pewarisan sifat pada manusia dapat mengikuti pola Mendel, seperti sifat dominan, resesif, maupun X-linked. Penyakit genetik sederhana, seperti anemia sel sabit atau fibrosis kistik, dapat diprediksi berdasarkan pola pewarisan ini. Namun, sebagian besar penyakit kronis seperti diabetes, hipertensi, dan kanker memiliki pola pewarisan kompleks yang

BAB 8

PATOFISIOLOGI PENYAKIT

A. GANGGUAN SEL DAN JARINGAN

Gangguan pada sel dan jaringan merupakan titik awal dari banyak proses patologis yang mendasari penyakit. Perubahan ini bisa muncul sebagai adaptasi seluler yang pada dasarnya merupakan mekanisme kompensasi. Misalnya, hipertrofi terjadi ketika sel membesar akibat peningkatan beban kerja, seperti pada otot jantung penderita hipertensi. Hiperplasia ditandai dengan peningkatan jumlah sel, contohnya pada endometrium yang merespons estrogen berlebih. Sementara itu, atrofi adalah pengecilan ukuran sel akibat penurunan stimulasi, seperti pada otot yang lama tidak digunakan. Metaplasia, sebagai bentuk adaptasi lain, memperlihatkan penggantian satu jenis sel dengan jenis sel lain yang lebih tahan, misalnya pada saluran pernapasan perokok kronis di mana epitel silindris bersilia diganti oleh epitel skuamosa.

Selain adaptasi, sel dapat mengalami cedera reversibel, yaitu perubahan fungsi sementara yang dapat pulih jika penyebab dihentikan. Contohnya adalah pembengkakan sel akibat gangguan pompa ion atau akumulasi lemak dalam hepatosit pada kondisi steatosis hati. Namun, bila paparan stres berlanjut, cedera dapat menjadi irreversibel yang menyebabkan kematian sel. Bentuk kematian sel ini terbagi menjadi nekrosis yang bersifat patologis dan sering memicu inflamasi, serta apoptosis yang merupakan kematian sel terprogram secara fisiologis maupun patologis.

Faktor penyebab gangguan sel mencakup stres oksidatif, yaitu ketidakseimbangan antara radikal bebas dan mekanisme pertahanan antioksidan. Kondisi ini dapat merusak DNA, protein, maupun membran sel, yang pada akhirnya mempercepat proses penuaan atau memicu

BAB 9

TOKSIKOLOGI BIOMEDIK

A. PRINSIP DASAR TOKSIKOLOGI

Toksikologi merupakan cabang ilmu biomedis yang berfokus pada efek merugikan zat kimia terhadap organisme hidup. Ilmu ini tidak hanya menelaah bagaimana suatu zat menyebabkan kerusakan, tetapi juga mencakup mekanisme molekuler, distribusi dalam tubuh, serta cara pencegahan dan pengendaliannya. Prinsip paling mendasar dalam toksikologi dirumuskan oleh Paracelsus, seorang dokter abad ke-16, yang menyatakan bahwa *“dosis menentukan apakah suatu zat menjadi racun atau obat”* (*the dose makes the poison*). Artinya, zat yang bermanfaat sekalipun dapat menjadi berbahaya bila dikonsumsi dalam jumlah berlebihan, sedangkan racun tertentu bisa digunakan sebagai obat apabila diberikan dalam dosis yang tepat.

Selain dosis, faktor yang memengaruhi toksisitas meliputi sifat fisikokimia zat, lama dan frekuensi paparan, jalur masuk (inhalasi, oral, atau dermal), serta kondisi fisiologis individu seperti usia, jenis kelamin, status gizi, dan adanya penyakit penyerta. Sebagai contoh, paparan gas karbon monoksida melalui inhalasi dapat mengikat hemoglobin lebih kuat dibanding oksigen, sehingga menurunkan kapasitas darah dalam membawa oksigen. Hal ini menunjukkan bahwa jalur paparan berperan besar dalam menentukan tingkat toksisitas suatu zat.

Dalam konteks farmasi, prinsip dasar toksikologi menjadi landasan untuk evaluasi keamanan obat sebelum digunakan secara luas. Uji toksisitas dilakukan pada hewan percobaan maupun uji klinis untuk menentukan *no observed adverse effect level (NOAEL)*, yaitu dosis tertinggi yang tidak menimbulkan efek merugikan. Data ini menjadi acuan dalam menetapkan dosis aman bagi manusia. Sebagai contoh, obat

BAB 10

TEKNOLOGI BIOMEDIK

DALAM PENGEMBANGAN OBAT

A. BIOTEKNOLOGI FARMASI

Bioteknologi farmasi merupakan penerapan teknik biologi molekuler dan rekayasa genetika dalam produksi obat, vaksin, serta agen terapeutik lainnya. Penerapan teknologi ini telah membawa perubahan besar dalam dunia farmasi, karena memungkinkan pengembangan produk-produk kesehatan yang lebih efektif, aman, dan dapat diproduksi dalam jumlah besar dengan standar kualitas yang konsisten. Contoh nyata dari penerapan bioteknologi adalah produksi protein terapeutik, seperti insulin rekombinan yang digunakan untuk mengobati pasien diabetes, antibodi monoklonal yang banyak dipakai dalam terapi kanker dan penyakit autoimun, serta hormon pertumbuhan untuk membantu pasien dengan kelainan pertumbuhan. Produk-produk tersebut tidak hanya dihasilkan melalui proses fermentasi mikroorganisme yang dimodifikasi secara genetik, tetapi juga dengan memanfaatkan sistem ekspresi sel mamalia untuk menjaga kemiripan struktur dengan protein alami dalam tubuh manusia (Walsh, 2018).

Selain itu, perkembangan bioteknologi farmasi juga membuka jalan bagi hadirnya terapi personalisasi. Terapi ini didasarkan pada profil genetik pasien sehingga memungkinkan pemberian obat yang lebih tepat sasaran, meminimalkan efek samping, dan meningkatkan efektivitas pengobatan. Misalnya, pasien dengan kanker payudara yang memiliki ekspresi berlebih dari reseptor HER2 dapat diberikan terapi dengan trastuzumab, yaitu antibodi monoklonal yang dirancang khusus untuk menargetkan reseptor tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa bioteknologi farmasi tidak hanya

BAB 11

APLIKASI KLINIK ILMU

BIOMEDIK DALAM FARMASI

A. PERAN APOTEKER DALAM TERAPI BERBASIS BIOMEDIK

Apoteker memiliki peran sentral dalam penerapan terapi berbasis biomedik yang mencakup terapi gen, terapi sel, serta penggunaan obat-obatan biologis. Dalam era pengobatan modern, terapi berbasis biomedik menuntut pengelolaan yang lebih kompleks dibandingkan obat konvensional karena melibatkan produk biologis yang sensitif dan berisiko tinggi. Oleh karena itu, apoteker tidak hanya berfungsi sebagai penyedia obat, tetapi juga sebagai tenaga kesehatan yang memastikan bahwa pasien menerima terapi yang sesuai dengan kondisi klinisnya. Peran ini semakin penting seiring meningkatnya penggunaan obat bioteknologi dalam penanganan penyakit kronis dan degeneratif (Kahan et al., 2017).

Salah satu tanggung jawab utama apoteker adalah membantu pemilihan terapi yang tepat. Proses ini tidak sekadar mempertimbangkan efektivitas obat, tetapi juga melibatkan faktor seperti profil genetik pasien, potensi interaksi obat, dan kemungkinan timbulnya efek samping. Sebagai contoh, dalam terapi kanker menggunakan antibodi monoklonal, apoteker dapat berperan dalam menilai kesesuaian obat dengan biomarker pasien sehingga terapi lebih tepat sasaran. Dengan pendekatan ini, apoteker berkontribusi dalam mewujudkan prinsip terapi personalisasi yang menjadi tren utama dalam pengobatan berbasis biomedik (Kahan et al., 2017).

Selain pemilihan terapi, apoteker juga berperan dalam pemantauan efek samping yang mungkin muncul akibat penggunaan obat biologis. Produk bioteknologi seperti terapi gen atau sel punca berpotensi

BAB 12

ETIKA DAN ISU KONTEMPORER

BIOMEDIK FARMASI

A. ETIKA PENELITIAN BIOMEDIK

Penelitian biomedik merupakan salah satu fondasi penting dalam pengembangan ilmu kesehatan dan farmasi, namun pelaksanaannya menuntut penerapan prinsip etika yang ketat. Hal ini dikarenakan penelitian sering melibatkan manusia sebagai subjek, sehingga diperlukan perlindungan terhadap hak, keselamatan, dan martabat peserta penelitian. Tanpa penerapan etika yang jelas, penelitian biomedik berisiko menimbulkan pelanggaran hak asasi serta merugikan peserta yang seharusnya menjadi penerima manfaat. Oleh karena itu, prinsip etika menjadi landasan utama agar kegiatan penelitian tidak hanya menghasilkan pengetahuan baru, tetapi juga menjunjung tinggi nilai kemanusiaan (Beauchamp & Childress, 2013).

Prinsip dasar etika penelitian biomedik mencakup *respect for persons*, *beneficence*, dan *justice*. *Respect for persons* menekankan penghormatan terhadap otonomi individu dengan memberikan kebebasan kepada peserta untuk mengambil keputusan secara sadar. *Beneficence* mengharuskan peneliti untuk memaksimalkan manfaat yang mungkin diperoleh dan meminimalkan risiko yang dapat ditimbulkan. Sementara itu, *justice* mengedepankan keadilan dalam distribusi manfaat dan beban penelitian, sehingga tidak ada kelompok yang dirugikan atau dimanfaatkan secara berlebihan. Prinsip-prinsip ini menjadi panduan etis yang harus dijunjung tinggi dalam setiap tahap penelitian, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga publikasi hasil (Beauchamp & Childress, 2013).

LAMPIRAN (CONTOH JURNAL)

Media Farmasi p.issn 0216-2083 e.issn 2622-0962 Vol. 17 No.2, Oktober 2021



PENURUNAN GLUKOSA DARAH DAN PENINGKATAN JUMLAH SEL BETA PANKREAS DENGAN PEMBERIAN EKSTRAK ETANOL *PLEUROTUS OSTREATUS*

Decreasing Blood Glucose and Increasing The Number of Pancreas Beta Cells with Pleurotus ostreatus Ethanol Extract

Made Asmarani Dira*, Lis Pushtasari

Prodi Farmasi Klinik dan Komunitas, Institut Teknologi dan Kesehatan Bali

*Koresponden E-mail: asmarani.dira@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.32382/mf.v17i2.2283>

Date submitted 2021-08-26, Accept Submission 2021-11-01

ABSTRACT

Herbal medicine has been widely used for generations, one of which is oyster mushrooms. Therefore, a study was conducted to determine the decrease in blood glucose and the increase in the number of pancreatic beta cells. Modeling diabetes mellitus using alloxan-induced wistar rats. Rats were divided into 3 treatment groups, namely negative control group (Aquadest), treatment group (Pleurotus ostreatus ethanol extract 1000 mg/kgbw) and positive control (glibenclamide 5 mg/kgbw). Blood glucose levels were taken on day 0 and 15 and pancreatic beta cells were observed. The results showed that the average blood glucose level when induced by alloxan and after the 15th day, the ethanol extract of Pleurotus ostreatus decreased significantly ($p < 0.05$) compared to the negative control. Histopathological results showed the average number of beta cells in rats induced by ethanol extract of Pleurotus ostreatus was higher than the negative control ($p < 0.05$).

Keywords: *Pleurotus ostreatus, blood glucose, beta cells*

ABSTRAK

Obat herbal telah banyak digunakan secara turun-temurun salah satunya jamur tiram. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui penurunan glukosa darah dan peningkatan jumlah sel beta pankreas. Pemodelan diabetes melitus menggunakan tikus wistar yang diinduksi aloksan. Tikus dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan yaitu kelompok kontrol negatif (Aquadest), kelompok perlakuan (ekstrak etanol *Pleurotus ostreatus* 1000 mg/kgbbw) dan kontrol positif (glibenklamid 5 mg/kgbbw). Kadar glukosa darah diambil saat hari ke-0 dan ke-15 dan dilakukan pengamatan sel beta pankreas. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar glukosa darah saat diinduksi aloksan dan setelah hari ke-15, ekstrak etanol *Pleurotus ostreatus* mengalami penurunan secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan dengan kontrol negatif. Hasil histopatologi menunjukkan jumlah rata-rata sel beta pada tikus yang diinduksi ekstrak etanol *Pleurotus ostreatus* lebih banyak dibandingkan dengan kontrol negatif ($p < 0,05$).

Kata kunci: *Pleurotus ostreatus, glukosa darah, sel beta*

PENDAHULUAN

Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit menahun yang ditandai dengan naiknya kadar glukosa darah yaitu di atas 200 mg/dl. Dikutip dari *International Diabetes Federation*, prevalensi DM di dunia yaitu 1,9% dan tahun 2013 kejadian diabetes sekitar 382 juta orang. Prevalensi DM tipe 2 di dunia adalah 85-90% dan Indonesia pada tahun 2013 sebesar 2,1%. Tiga puluh satu provinsi di Indonesia menunjukkan peningkatan prevalensi diabetes mellitus yang signifikan, yaitu 93,9% (Hestiana, 2017).

Uji farmakologi diabetes melitus pada

hewan coba dapat diinduksi dengan pemberian bahan kimia antara lain aloksan, streptozotocin, dioxoside, adrenalin, glisogen yang diinduksi secara parenteral. Aloksan merupakan diabetogen yang umum digunakan. Aloksan secara selektif merusak sel pulau Langerhans di pankreas yang memproduksi hormon insulin (Madilah et al., 2016). Sel beta merupakan sel penghasil hormon insulin di pulau Langerhans. Ketika diameter sel beta mengecil atau rusak, maka terjadi gangguan fungsi pada sel sehingga tidak mampu meningkatkan sekresi insulin yang menyebabkan glukosa darah meningkat (hiperglikemia) (Swarasa et al., 2010).

Diabetes dikontrol dengan pengobatan non farmakologi dan farmakologi yaitu dengan diet yang tepat dan pemberian obat antidiabetes (glibenclamide). Glibenclamide merupakan obat antidiabetik oral yang termasuk golongan sulfonilurea. Glibenclamide bekerja merangsang sel pankreas untuk mensekresi insulin (Mutiawan, 2019). Penggunaan obat alami di masyarakat telah mulai meningkat selama dekade terakhir, karena memiliki sedikit efek samping bila digunakan dengan benar.

Pleurotus ostreatus memiliki potensi sebagai obat antidiabetes. Jamur ini juga memiliki efek antioksidan yang berfungsi menghambat reaksi oksidasi, menetralkan atau menangkap radikal bebas (Rushita et al., 2013). Antioksidan dapat meningkatkan sekresi insulin dengan memperbaiki sel-sel pankreas yang rusak (Sukanto et al., 2017).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian ekstrak *pleurotus ostreatus* dosis 1341 mg/kgbb pada tikus diabetes dapat menurunkan gula darah (Johnny & Okon, 2013). Penelitian lain juga menunjukkan jamur *pleurotus citrinopileatus* dosis 500 dan 1000 mg/kg dapat menurunkan glukosa darah dan terjadi perubahan histopatologi pada jaringan ginjal (Rushita et al., 2013). Sel beta di pulau Langerhans memproduksi hormon insulin dan berperan dalam kontrol glikemik (Suarnan et al., 2010).

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian dengan menggunakan tikus yang diinduksi aloksan agar mengetahui

pengaruh ekstrak *Pleurotus ostreatus* terhadap glukosa darah dan peningkatan jumlah sel beta pankreas.

METODE

Penelitian menggunakan desain *post test only control design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium *Animal Unit* Bagian Farmakologi Universitas Udayana selama 20 hari. Sampel yang digunakan yaitu ekstrak *pleurotus ostreatus* dibuat dengan cara menimbang sebanyak 10 kg kemudian dipotong kecil dan dioven dengan suhu 40°C lalu diblender dan ditempatkan dalam wadah. Serbuk simplisia selanjutnya dimaserasi dengan etanol 96%. Kemudian dilakukan skrining fitokimia. Subjek penelitian menggunakan tikus putih wistar dewasa dengan berat ± 200 gram. Tikus diinjeksikan dengan aloksan 120 mg/kgbb secara intraperitoneal. Glukosa darah diuji pada hari ke-0 dan 15 hari setelah diinduksi. Pada hari ke 15 dilakukan pembedahan pankreas dengan pewarnaan Hematoxylin-Eosin (HE) untuk mengetahui jumlah sel beta pankreas. Analisis hasil menggunakan uji *One Way Anova*.

HASIL

Skrining Ekstrak *Pleurotus ostreatus*

Hasil uji fitokimia menunjukkan adanya senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan antioksidan.

Kadar Glukosa Darah

Tikus dilakukan perlakuan selama 15 hari dan didapatkan hasil dari rata-rata glukosa darah hari ke-0 dan 15.

Tabel 1. Rata-rata Glukosa Darah

Kelompok	Rerata Awal (mg/dL)	Rerata Akhir (mg/dL)
Kontrol Negatif	258,70 $\pm$ 46,32	257,70 $\pm$ 46,32
Kontrol Positif	257,20 $\pm$ 48,93	136,10 $\pm$ 10,74
Ekstrak Etanol <i>pleurotus ostreatus</i>	257,10 $\pm$ 46,76	156,20 $\pm$ 24,51

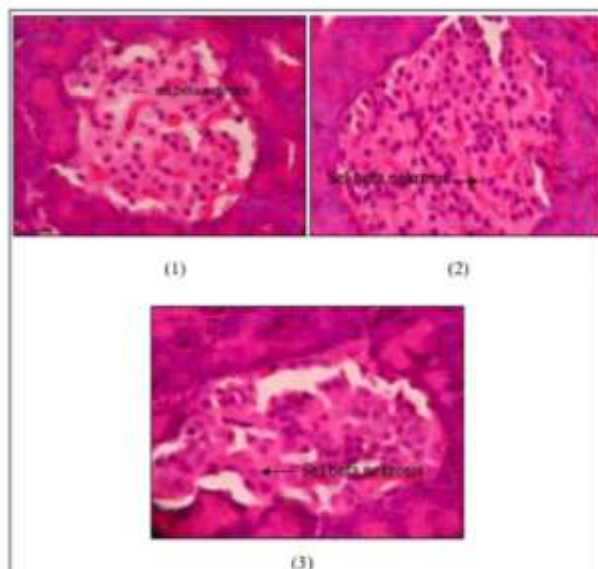
Pengamatan Sel Beta Pankreas

Hari ke-15 dilakukan pengamatan pada pankreas. Hasil rata-rata sel beta pankreas ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Sel Beta Pankreas

Kelompok	Rata-rata sel beta pankreas (pembesaran 400x)
Kontrol Negatif	30,30 $\pm$ 1,15
Kontrol Positif	58,80 $\pm$ 1,87
Ekstrak Etanol <i>pleurotus ostreatus</i>	57,40 $\pm$ 1,83

Gambaran nekrosis pankreas dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Histopatologi pulau Langerhans. (1) Kontrol negatif; (2) Kontrol positif; (3) Perlakuan

PEMBAHASAN

Hasil glukosa darah menunjukkan kontrol negatif yang hanya diberikan aquades tidak terjadi penurunan glukosa darah. Kontrol positif yang diberikan glibenklamid dan perlakuan ekstrak *pleurotus ostreatus* menunjukkan penurunan glukosa. Ekstrak *pleurotus ostreatus* 1000 mg/kgbb hasil kadar glukosa mendekati kontrol positif dilihat dari uji statistik ($p > 0,05$). Ekstrak *pleurotus ostreatus* menunjukkan penurunan kadar glukosa yang signifikan secara uji statistik yang dibandingkan dengan kontrol negatif ($p < 0,05$). Rata-rata sel beta pada ekstrak etanol *pleurotus ostreatus* 1000 mg/kgbb lebih banyak dibandingkan dengan kontrol negatif ($p < 0,05$).

Menurut [Johany dan Okon \(2013\)](#) menemukan bahwa pemberian ekstrak *pleurotus ostreatus* yang diinduksi aloksan dapat menurunkan glukosa darah tikus. Aloksan mengalami metabolisme redoks (reduksi oksidasi) yang menghasilkan radikal bebas dan dapat merusak sel beta pulau Langerhans. Sehingga jumlah massa sel di pulau Langerhans menurun dan beberapa mengalami kerusakan. Ukuran sel-sel di pulau Langerhans menjadi

lebih kecil atau menghilang. Kerusakan sel beta mengakibatkan tidak dapat menghasilkan insulin sehingga terjadi hiperglikemia ([Suarsana et al., 2010](#)).

Kontrol positif menggunakan glibenklamid. Glibenklamid meningkatkan sekresi insulin dengan merangsang sel beta di pulau Langerhans. Glibenklamid merupakan antidiabetik oral golongan sulfonilurea dengan dosis 5 mg per tablet. Obat antidiabetes oral merangsang sel-sel pankreas untuk memproduksi insulin.

Senyawa bioaktif terkandung di dalam *pleurotus ostreatus* dapat mencegah oksidasi pada sel beta di pulau Langerhans. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak jamur tiram putih antara lain alkaloid, flavonoid, terpenoid dan antioksidan. Pengujian fitokimia ekstrak jamur tiram putih menurut penelitian [Lusiana \(2015\)](#) menunjukkan bahwa ekstrak *pleurotus ostreatus* mengandung alkaloid, flavonoid dan antioksidan. Flavonoid terutama dalam bentuk glikosida, memiliki gugus gula yang bertindak sebagai pengikat radikal hidroksil dan menghambat aksi aloksan. Flavonoid juga memiliki kemampuan sebagai antioksidan ([Li et](#)

al., 2009). Flavonoid bertindak sebagai radikal hidroksil, menghambat reabsorpsi glukosa di ginjal dan meningkatkan kelarutan glukosa darah sehingga dapat diekskresi melalui urin. Antioksidan dapat menghambat kematian sel beta tanpa mengubah proliferasi sel beta pankreas. Antioksidan dapat mengurangi resistensi insulin dengan mengikat radikal bebas (Lusiana, 2015). Antioksidan juga dapat meningkatkan jumlah sel beta dengan mengganti sel progenitor sel beta sisa yang berdeferensiasi dan melakukan replikasi menjadi sel beta pankreas yang normal (Sukanto et al., 2017).

KESIMPULAN

Ekstrak etanol dari *Pleurotus ostreatus* 1000 mg/kgbb mempunyai aktivitas dalam penurunan glukosa darah dan peningkatan jumlah sel beta pankreas.

SARAN

Perlu dilakukan uji lanjutan dengan dosis yang lebih rendah dan efek samping jangka panjang dari ekstrak *Pleurotus ostreatus*.

REFERENCE

Hestiana, D. 2017. *Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kepatuhan Dalam Pengelolaan Diet Pada Pasien Rawat Jalan Diabetes Mellitus Tipe 2 Di Kota Semarang*. Journal of Health Education, 2(2), 138–145.

Johnny, I., & Okon, J. 2013. *Antidiabetic Effect of Pleurotus ostreatus (Jacq ex Fr) kum. Mushroom on Alloxan-induced Diabetic Rats*. Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research, 1(02), 31–36. <https://doi.org/10.30750/ijpbr.1.2.6>

Li, F., Li, Q., Gao, D., Peng, Y., Science, A., Zhan, J., & Zoue, D. 2009. *The Optimal Extraction Parameters And Anti-Diabetic Activity Of Flavonoids From Ipomoea Batatas Leaf*. Science And Technology, 6,

195–202.

Lusiana. 2015. *Potensi Antioksidasi Ekstrak Etanol Jamur Tiram Putih (Pleurotus ostreatus)*. Jurnal Gradian, 11(1), 1066–1069.

Madihah, M., Alfina, F., & Gani, Y. Y. 2016. *Kadar Glukosa Darah Dan Gambaran Histologis Pankreas Mencit (Mus Musculus L.) Yang Diinduksi Aloksan Setelah Perlakuan Ekstrak Rimpang Temu Mangga (Curcuma mangga Val.)*. Jurnal Biologi Udayana, 20(2), 64. <https://doi.org/10.24843/jbioumd.2016.v2.0.i02.p04>

Muliawan, I. K. D. I. 2019. *Efek pemberian kombinasi jus aloe vera dan glibenklamid terhadap penurunan kadar glukosa darah pada model tikus diabetes yang diinduksi dengan streptozotocin dan nikotinamid*. Intisari Sains Medis, 10(2), 527–531. <https://doi.org/10.15562/isn.v10i2.532>

Rushita, S., Vijayakumar, M., Noorlidah, A., Ameen Abdulla, M., & Vikineswary, S. 2013. *Effect of Pleurotus citrinopileatus on blood glucose, insulin and catalase of streptozotocin-induced type 2 diabetes mellitus rats*. Journal of Animal and Plant Sciences, 23(6), 1566–1571.

Suarjana, I. N., Priosoeryanto, B. P., Bintang, M., & Wresdiyati, T. 2010. *Profil Glukosa Darah dan Ultrastruktur Sel Beta Pankreas Tikus yang Diinduksi Senyawa Aloksan*. Jitr, 15(2), 118–123.

Sukanto, D., Hanifwati, A., & Yunita, S. 2017. *Pengaruh Ekstrak Tempe Kedelai Hitam (Glycine Soja) Terhadap Jumlah Sel β Pankreas Tikus Putih Jantan (Rattus Novergicus Strain Sisur) Model DM Tipe 2*. Saintika Medika, 8(1). <https://doi.org/10.22219/sm.v8i1.4099>



DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. K., Lichtman, A. H., & Pillai, S. (2019). *Cellular and Molecular Immunology* (9th ed.). Elsevier.
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2019). *Molecular Biology of the Cell* (7th ed.). Garland Science.
- Allen, T. M., & Cullis, P. R. (2013). *Liposomal drug delivery systems: From concept to clinical applications*. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 65(1), 36–48.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2020). *Neuroscience: Exploring the Brain* (4th ed.). Wolters Kluwer.
- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2013). *Principles of biomedical ethics* (7th ed.). Oxford University Press.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto, G. J., & Stryer, L. (2019). *Biochemistry* (9th ed.). W. H. Freeman.
- Bhushan, B. (2017). *Springer Handbook of Nanotechnology* (4th ed.). Springer.
- Brunton, L. L., Hilal-Dandan, R., & Knollmann, B. C. (2021). *Goodman & Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics* (13th ed.). McGraw Hill.
- Casadevall, A., & Pirofski, L. (2018). What is a pathogen? A question that begs the point. *BMC Biology*, 16(1), 92. <https://doi.org/10.1186/s12915-018-0564-2>
- Casarett, L. J., & Doull, J. (2018). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Collins, F. S., & Varmus, H. (2015). A new initiative on precision medicine. *New England Journal of Medicine*, 372(9), 793–795. <https://doi.org/10.1056/NEJMp1500523>

- Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2021). *The Cell: A Molecular Approach* (8th ed.). Oxford University Press.
- Davidson, A., & Diamond, B. (2014). Autoimmune diseases. *New England Journal of Medicine*, 370(17), 1612–1623. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1304725>
- Dira, A., & Puspitasari, L. (2021). Penurunan Glukosa Darah dan Peningkatan Jumlah Sel Beta Pankreas Dengan Pemberian Ekstrak Etanol *Pleurotus Ostreatus*. *Media Farmasi*, 17(2), 133-136.
- Doudna, J. A., & Charpentier, E. (2020). The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*, 367(6481), 1412–1415. <https://doi.org/10.1126/science.abb2821>
- Dunbar, C. E., High, K. A., Joung, J. K., Kohn, D. B., Ozawa, K., & Sadelain, M. (2018). Gene therapy comes of age. *Science*, 359(6372), eaan4672. <https://doi.org/10.1126/science.aan4672>
- Eaton, D. L., & Gilbert, S. G. (2019). *Principles of Toxicology* (3rd ed.). Wiley-Blackwell.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). *Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Hall, J. E. (2021). *Guyton and Hall Physiology Review* (4th ed.). Elsevier.
- Hall, J. E., & Guyton, A. C. (2021). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology* (14th ed.). Elsevier.
- Hasin, Y., Seldin, M., & Lusis, A. (2017). Multi-omics approaches to disease. *Genome Biology*, 18(1), 83. <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1215-1>
- Hayes, A. W., & Kruger, C. L. (2021). *Hayes' Principles and Methods of Toxicology* (7th ed.). CRC Press.
- Henry, N. L., & Hayes, D. F. (2012). Cancer biomarkers. *Molecular Oncology*, 6(2), 140–146.

- Huether, S. E., & McCance, K. L. (2020). *Understanding Pathophysiology* (7th ed.). Elsevier.
- Kahan, N. R., Chinitz, D. P., & Waitman, D. A. (2017). Clinical pharmacy and pharmaceutical care in Israel. *Israel Journal of Health Policy Research*, 6(1), 1–7.
- Katzung, B. G., Vanderah, T. W., & Trevor, A. J. (2021). *Basic & Clinical Pharmacology* (15th ed.). McGraw Hill.
- Khan, R., Raza, A., & Syed, S. (2017). Microbial biofilms: A major component in microorganisms–host interaction. *Pathogens and Disease*, 75(4), ftx035. <https://doi.org/10.1093/femspd/ftx035>
- Kindt, T. J., Goldsby, R. A., & Osborne, B. A. (2021). *Kuby Immunology* (9th ed.). Macmillan Learning.
- Klaassen, C. D. (2019). *Casarett & Doull's Essentials of Toxicology* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Kumar, V., Abbas, A. K., & Aster, J. C. (2020). *Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease* (10th ed.). Elsevier.
- Löbénberg, R., & Amidon, G. L. (2000). Modern bioavailability, bioequivalence and biopharmaceutics classification system. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 50(1), 3–12.
- Lodish, H., Berk, A., Kaiser, C. A., Krieger, M., Bretscher, A., Ploegh, H., Amon, A., & Martin, K. C. (2021). *Molecular Cell Biology* (9th ed.). Macmillan Learning.
- Mason, C., & Dunnill, P. (2008). A brief definition of regenerative medicine. *Regenerative Medicine*, 3(1), 1–5.
- McCance, K. L., & Huether, S. E. (2019). *Pathophysiology: The Biologic Basis for Disease in Adults and Children* (8th ed.). Elsevier.
- McDonnell, G., & Burke, P. (2017). Disinfection: is it time to reconsider Spaulding? *Journal of Hospital Infection*, 96(4), 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.02.015>

- Mellman, I., Coukos, G., & Dranoff, G. (2011). Cancer immunotherapy comes of age. *Nature*, 480(7378), 480–489. <https://doi.org/10.1038/nature10673>
- Melmed, S., Polonsky, K. S., Larsen, P. R., & Kronenberg, H. M. (2019). *Williams Textbook of Endocrinology* (14th ed.). Elsevier.
- Mohrman, D. E., & Heller, L. J. (2018). *Cardiovascular Physiology* (9th ed.). McGraw Hill.
- Murphy, K., & Weaver, C. (2016). *Janeway's Immunobiology* (9th ed.). Garland Science.
- Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. (2022). *Medical Microbiology* (10th ed.). Elsevier.
- Murray, R. K., Bender, D. A., Botham, K. M., Kennelly, P. J., Rodwell, V. W., & Weil, P. A. (2018). *Harper's Illustrated Biochemistry* (31st ed.). McGraw Hill.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). *Lehninger Principles of Biochemistry* (8th ed.). W. H. Freeman.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2021). *Lehninger Principles of Biochemistry* (8th ed.). W. H. Freeman.
- Rang, H. P., Ritter, J. M., Flower, R. J., & Henderson, G. (2022). *Rang and Dale's Pharmacology* (10th ed.). Elsevier.
- Relling, M. V., & Evans, W. E. (2015). Pharmacogenomics in the clinic. *Nature*, 526(7573), 343–350. <https://doi.org/10.1038/nature15817>
- Relling, M. V., & Evans, W. E. (2015). Pharmacogenomics in the clinic. *Nature*, 526(7573), 343–350. <https://doi.org/10.1038/nature15817>
- Resnik, D. B. (2018). *The ethics of research with human subjects: Protecting people, advancing science, promoting trust*. Springer.
- Rodrigues, C. F., Rodrigues, M. E., & Henriques, M. (2016). Candida sp. infections in patients with diabetes mellitus. *Journal of Clinical Medicine Research*, 8(8), 645–654. <https://doi.org/10.14740/jocmr2622w>

- Shreiner, A. B., Kao, J. Y., & Young, V. B. (2015). The gut microbiome in health and in disease. *Current Opinion in Gastroenterology*, 31(1), 69–75. <https://doi.org/10.1097/MOG.0000000000000139>
- Strachan, T., & Read, A. (2019). *Human Molecular Genetics* (5th ed.). Garland Science.
- Sugarman, J., Califf, R. M., & Braswell, H. (2020). Ethics and regulatory complexities for pragmatic clinical trials. *Journal of the American Medical Association*, 323(6), 504–505.
- Taniguchi, K., & Karin, M. (2018). NF- κ B, inflammation, immunity and cancer: Coming of age. *Nature Reviews Immunology*, 18(5), 309–324. <https://doi.org/10.1038/nri.2017.142>
- Topol, E. (2019). *Deep medicine: How artificial intelligence can make healthcare human again*. Basic Books.
- Varela, E., & Manichanh, C. (2017). Opportunities for next-generation probiotics targeted to intestinal microbiota. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1896. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01896>
- Walsh, G. (2018). *Biopharmaceutical benchmarks 2018*. *Nature Biotechnology*, 36(12), 1136–1145
- West, J. B. (2019). *Respiratory Physiology: The Essentials* (10th ed.). Wolters Kluwer.
- Willey, J. M., Sherwood, L., & Woolverton, C. J. (2022). *Prescott's Microbiology* (12th ed.). McGraw Hill.
- Zanger, U. M., & Schwab, M. (2013). Cytochrome P450 enzymes in drug metabolism: Regulation of gene expression, enzyme activities, and impact of genetic variation. *Pharmacology & Therapeutics*, 138(1), 103–141. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2012.12.007>
- Zhou, Y., Zhu, X., Wu, W., & Rao, Y. (2020). Recent advances in nanotechnology for drug delivery. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, 10(8), 1535–1549. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2020.05.011>

GLOSARIUM

A

Absorpsi adalah proses masuknya obat ke dalam aliran darah setelah pemberian melalui berbagai rute administrasi.

Antibodi monoklonal adalah protein hasil rekayasa bioteknologi yang digunakan untuk terapi spesifik terhadap target molekuler tertentu.

Apoteker adalah tenaga kesehatan profesional yang berperan dalam pengembangan, penyediaan, dan pemantauan penggunaan obat.

B

Bioavailabilitas adalah fraksi obat yang masuk ke sirkulasi sistemik dalam bentuk utuh setelah pemberian.

Biodegradasi adalah proses penguraian senyawa obat atau bahan kimia oleh enzim dan sistem biologis tubuh.

Biomarker adalah indikator biologis yang digunakan untuk diagnosis, prognosis, atau evaluasi respons terapi.

Bioteknologi farmasi adalah penerapan teknologi biologi molekuler untuk menghasilkan obat, vaksin, dan produk terapeutik lainnya.

C

CYP450 adalah keluarga enzim hati yang berperan penting dalam metabolisme obat.

D

Detoksifikasi adalah proses eliminasi atau inaktivasi zat beracun dari tubuh oleh sistem biologis.

DNA rekombinan adalah teknologi yang menggabungkan DNA dari dua organisme berbeda untuk menghasilkan produk baru, misalnya insulin rekombinan.

E

Efikasi adalah kemampuan suatu obat untuk menghasilkan efek terapeutik yang diinginkan.

Enzim adalah molekul protein yang mempercepat reaksi biokimia dalam tubuh, termasuk metabolisme obat.

F

Farmakodinamik adalah kajian mengenai mekanisme aksi obat terhadap target biologis dalam tubuh.

Farmakogenomik adalah ilmu yang mempelajari pengaruh variasi genetik terhadap respons individu terhadap obat.

Farmakokinetik adalah ilmu yang mempelajari perjalanan obat dalam tubuh, mencakup absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi.

Farmakovigilans adalah kegiatan pemantauan, evaluasi, dan pencegahan efek samping obat untuk menjamin keamanan penggunaannya.

Farmasi adalah ilmu yang mempelajari tentang obat, termasuk penemuan, pengembangan, produksi, serta penggunaannya dalam pelayanan kesehatan.

G

Genomik adalah studi tentang keseluruhan materi genetik suatu organisme dan perannya dalam kesehatan maupun penyakit.

H

Hydrogel adalah material berbasis polimer dengan kandungan air tinggi yang digunakan dalam sistem penghantaran obat.

I

Imunologi adalah cabang ilmu biomedik yang mempelajari sistem kekebalan tubuh dan peranannya dalam melawan penyakit.

Informed consent adalah persetujuan berdasarkan informasi lengkap yang diberikan pasien sebelum mengikuti penelitian atau terapi medis.

Insulin rekombinan adalah hormon insulin yang diproduksi dengan teknologi DNA rekombinan untuk terapi diabetes mellitus.

Integritas ilmiah adalah prinsip kejujuran, transparansi, dan akuntabilitas dalam melakukan penelitian.

J

Justice adalah prinsip etika penelitian yang menekankan keadilan dalam distribusi manfaat dan risiko penelitian.

K

Kelarutan adalah kemampuan suatu obat untuk larut dalam pelarut tertentu, yang memengaruhi bioavailabilitas.

Kinetika obat adalah studi kuantitatif tentang perubahan konsentrasi obat di dalam tubuh seiring waktu.

L

Liposome adalah vesikel berbasis lipid yang digunakan sebagai sistem penghantaran obat untuk meningkatkan efektivitas terapi.

M

Metabolisme adalah proses biotransformasi obat oleh enzim menjadi bentuk aktif, inaktif, atau lebih mudah diekskresi.

Metabolomik adalah studi tentang metabolit kecil dalam sistem biologis yang digunakan untuk memahami respons terhadap terapi.

Micelle adalah partikel koloid yang digunakan sebagai pembawa obat untuk meningkatkan kelarutan dan stabilitas.

Molekul kecil adalah senyawa dengan berat molekul rendah yang sering digunakan sebagai obat terapeutik.

N

Nanomedicine adalah penerapan nanoteknologi dalam diagnosis, pencegahan, dan terapi penyakit.

Nanopartikel adalah partikel berukuran nano yang digunakan untuk penghantaran obat dengan target spesifik.

O

Omics sciences adalah bidang ilmu yang meliputi genomik, proteomik, metabolomik, dan transcriptomik untuk memahami sistem biologis.

P

Paten obat adalah perlindungan hukum terhadap invensi obat baru agar tidak ditiru tanpa izin.

Pemantauan terapi adalah proses evaluasi efektivitas dan keamanan obat selama penggunaan klinis.

Permeabilitas adalah kemampuan obat menembus membran biologis untuk mencapai targetnya.

Personalized medicine adalah strategi terapi yang disesuaikan dengan karakteristik genetik dan kondisi pasien.

Plagiarisme adalah tindakan tidak etis dalam penelitian dengan menyalin karya orang lain tanpa memberikan kredit yang semestinya.

Polimer adalah material makromolekul yang sering digunakan dalam sistem penghantaran obat modern.

Precision medicine adalah pendekatan terapi yang disesuaikan dengan profil genetik, lingkungan, dan gaya hidup individu.

Proteomik adalah ilmu yang mempelajari keseluruhan protein yang diekspresikan dalam sel atau jaringan.

Q

Quantum dots adalah nanopartikel semikonduktor dengan sifat fluoresensi yang digunakan dalam diagnosis biomedis.

R

Rekayasa jaringan adalah teknologi yang digunakan untuk menciptakan jaringan atau organ buatan sebagai alternatif transplantasi.

Reseptor adalah protein seluler yang menjadi target ikatan obat untuk menghasilkan respons biologis.

Respect for persons adalah prinsip etika penelitian yang menekankan penghormatan terhadap martabat dan otonomi manusia.

S

Stem cell adalah sel punca yang memiliki kemampuan memperbarui diri dan berdiferensiasi menjadi berbagai jenis sel.

T

Terapi gen adalah metode pengobatan yang melibatkan perbaikan atau penggantian gen yang rusak.

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari efek racun obat atau bahan kimia terhadap organisme hidup.

U

Uji klinis adalah penelitian pada manusia untuk menguji keamanan, efektivitas, dan dosis optimal obat baru.

V

W

X

Y

Z

TENTANG PENULIS



apt. Made Asmarani Dira, S.Farm., M.Biomed. seorang penulis dan dosen Program Studi Farmasi Klinik dan Komunitas Fakultas Kesehatan di Institut Teknologi dan Kesehatan Bali. Lahir di Denpasar, 5 Maret 1990, beliau merupakan anak kedua dari tiga bersaudara, putri dari pasangan Prof. Dr. Made Dira Swantara, M.Si dan Ibu Ni Wayan Sudiathi, S.Pd., M.Pd. Ia adalah seorang istri dari I Wayan Dana Ariantika, SE, dan ibu dari I Gede Agung Danendra Ariantika.

Beliau menempuh pendidikan Sarjana (S1) dan profesi Apoteker di Program studi Farmasi Universitas Udayana. Setelah itu, beliau melanjutkan studi Pascasarjana (S2) di Program studi Biomedik Universitas Udayana dengan konsentrasi Ilmu Kedokteran Dasar di bidang Farmakologi.

Selain aktif sebagai dosen, ia juga terlibat dalam berbagai kegiatan penulisan dan penelitian di bidang farmasi, khususnya yang berfokus pada farmakologi. Sebagai seorang akademisi, beliau berkomitmen untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang biomedik farmasi.

ILMU BIOMEDIK FARMASI

Buku Ilmu Biomedik Farmasi disusun untuk memberikan pemahaman komprehensif mengenai landasan biomedis yang mendukung praktik farmasi modern. Ilmu biomedik menjadi salah satu pilar utama dalam pengembangan terapi obat, pemahaman mekanisme kerja senyawa farmasi, serta penerapan prinsip-prinsip ilmiah dalam pelayanan kesehatan. Melalui pendekatan multidisipliner, buku ini menguraikan keterkaitan erat antara biologi, kimia, fisiologi, genetika, hingga teknologi farmasi dalam menunjang pengembangan dan penggunaan obat secara efektif serta aman.

Pembahasan diawali dengan ruang lingkup dan konsep dasar biomedik farmasi, kemudian dilanjutkan dengan biokimia, biologi sel, dan molekuler sebagai fondasi dalam memahami sistem kehidupan di tingkat seluler dan molekuler. Aspek anatomi dan fisiologi organ tubuh dikaji untuk menjelaskan respon tubuh terhadap obat, sementara mikrobiologi dan imunologi diuraikan sebagai dasar untuk memahami interaksi tubuh dengan mikroorganisme serta mekanisme pertahanan imun. Lebih lanjut, topik genetika medis, farmakogenomik, serta patofisiologi penyakit disajikan guna memperlihatkan peran ilmu biomedik dalam personalisasi terapi obat dan penanganan berbagai gangguan kesehatan.

Selain itu, buku ini juga mengulas toksikologi, teknologi biomedik dalam pengembangan obat, hingga aplikasi klinik yang relevan dalam praktik kefarmasian. Tidak kalah penting, bagian akhir buku mengangkat etika dan isu kontemporer dalam biomedik farmasi, termasuk tantangan bioetika, regulasi, serta tren masa depan yang akan membentuk arah perkembangan ilmu ini. Dengan cakupan materi yang luas dan mendalam, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi penting bagi mahasiswa, akademisi, peneliti, serta praktisi farmasi dalam memahami, mengembangkan, dan menerapkan ilmu biomedik secara tepat dalam dunia kesehatan



SCANME

www.penerbitwidina.com
@penerbitwidina
penerbit widina
penerbitwidina@gmail.com
widina store
widina bookstore
Layanan Pustaka & Penerbitan Buku
0815-7000-699

Kesehatan

ISBN 978-634-246-239-3



9

786342

462393