



FUTURE SCIENCE

KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM

Editor : Faizatul Fitria, S.Si., M.Si.

Penulis :

Gilang Anugerah Munggaran | Prima Agusti Lukis | Loso Judijanto
Meilisa Rusdiana Surya Efendi | R. Susanti | Dwimaryam Suciati
Greesty Finotory Swandiny | Zimon Pereiz | Benni Iskandar
Abdul Rahim | Lailatul Badriyah | Baiq Maylinda Gemantari
Nurma Sabila | Agung Ari Chandra Wibawa | Meiliza Ekayanti



KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM

Penulis:

Gilang Anugerah Munggaran
Prima Agusti Lukis
Loso Judijanto
Meilisa Rusdiana Surya Efendi
R. Susanti
Dwimaryam Suciati
Greesty Finotory Swandiny
Zimon Pereiz
Benni Iskandar
Abdul Rahim
Lailatul Badriyah
Baiq Maylinda Gemantari
Nurma Sabila
Agung Ari Chandra Wibawa
Meiliza Ekayanti

Editor:

Faizatul Fitria, M.Si.



KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM

Penulis:

Gilang Anugerah Munggaran
Prima Agusti Lukis
Loso Judijanto
Meilisa Rusdiana Surya Efendi
R. Susanti
Dwimaryam Suciati
Greesty Finotory Swandiny
Zimon Pereiz
Benni Iskandar
Abdul Rahim
Lailatul Badriyah
Baiq Maylinda Gemantari
Nurma Sabila
Agung Ari Chandra Wibawa
Meiliza Ekayanti

Editor: **Faizatul Fitria, M.Si.**

Desain Cover: **Nada Kurnia, S.I.Kom.**

Tata Letak: **Samuel, S.Kom.**

Ukuran: **A5 Unesco (15,5 x 23 cm)**

Halaman: **xii, 282**

e-ISBN: **978-634-7216-59-5**

Terbit Pada: **Juli 2025**

Hak Cipta 2025, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2025 by Future Science Publisher

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT FUTURE SCIENCE
(CV. FUTURE SCIENCE)**

Anggota IKAPI (348/JTI/2022)

Jl. Terusan Surabaya Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005, Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota
Malang, Provinsi Jawa Timur.
www.futuresciencepress.com

KATA PENGANTAR

Kimia organik dan bahan alam memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan industri farmasi. Banyak obat modern yang berasal dari senyawa alami atau dikembangkan melalui pendekatan kimia organik yang inovatif. Kemajuan teknologi telah membawa perubahan besar dalam bagaimana kita memahami, memodifikasi, dan memanfaatkan senyawa organik dan bahan alam untuk meningkatkan efektivitas serta keamanan obat-obatan.

Buku ini hadir sebagai panduan bagi akademisi, peneliti, dan praktisi farmasi yang ingin memahami bagaimana kimia organik dan bahan alam berkontribusi terhadap inovasi dalam pengembangan obat. Di dalamnya, pembaca akan menemukan berbagai konsep dasar hingga metode sintesis dan ekstraksi yang memungkinkan eksplorasi senyawa baru dengan potensi farmakologi tinggi. Selain itu, buku ini juga menyoroti pemanfaatan teknologi modern, seperti pendekatan bioinformatika dan teknik spektroskopi, dalam analisis serta pengembangan obat berbasis bahan alam.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Semoga buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat serta memberikan inspirasi bagi pembaca yang ingin berkontribusi dalam inovasi farmasi berbasis kimia organik dan bahan alam.

Malang, Juni 2025

Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
BAB 1 PENDAHULUAN DAN SEJARAH KIMIA ORGANIK	1
Gilang Anugerah Munggaran.....	1
A. PENDAHULUAN	1
B. ASAL USUL KIMIA ORGANIK: DARI VITALISME KE SINTESIS MODERN	4
C. PERKEMBANGAN PENTING DALAM SEJARAH KIMIA ORGANIK	7
D. KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM: LANDASAN FARMASI MODERN.....	12
E. KESIMPULAN	14
BAB 2 METODE SINTESIS DALAM KIMIA ORGANIK	17
Prima Agusti Lukis	17
A. PENDAHULUAN	17
B. PENTINGNYA SINTESIS ORGANIK: FONDASI INOVASI DAN KESEJAHTERAAN	18
C. SEJARAH PERKEMBANGAN SINTESIS ORGANIK ...	19
D. DASAR-DASAR SINTESIS ORGANIK.....	23
E. METODE KONVERSI GUGUS FUNGSI.....	28
F. KESIMPULAN.....	30
BAB 3 BAHAN ALAM SEBAGAI SUMBER SENYAWA AKTIF	33
Loso Judijanto	33

A.	PENDAHULUAN	33
B.	PEMANFAATAN BAHAN ALAM DALAM INOVASI SENYAWA AKTIF FARMASI	37
C.	PERAN BAHAN ALAM DALAM PENEMUAN SENYAWA AKTIF: MASA DEPAN FARMASI YANG BERKELANJUTAN.....	45
D.	KESIMPULAN.....	52
BAB 4	SENYAWA FLAVONOID DAN AKTIVITAS BIOLOGISNYA	57
	Meilisa Rusdiana Surya Efendi.....	57
A.	PENDAHULUAN	57
B.	STRUKTUR DAN KLASIFIKASI FLAVONOID	58
C.	BIOSINTESIS FLAVONOID	63
D.	METODE ISOLASI DAN IDENTIFIKASI FLAVONOID	65
E.	AKTIVITAS BIOLOGIS SENYAWA FLAVONOID	67
F.	KESIMPULAN.....	68
BAB 5	ALKALOID: STRUKTUR, SUMBER, DAN MANFAAT	73
	R. Susanti	73
A.	PENDAHULUAN	73
B.	KLASIFIKASI DAN STRUKTUR ALKALOID.....	74
C.	PERAN ALKALOID SEBAGAI PERTAHANAN TANAMAN TERHADAP STRES BIOTIK DAN ABIOTIK	80
D.	AKTIVITAS BIOLOGI ALKALOID DAN POTENSI APLIKASINYA.....	82
E.	KESIMPULAN.....	84

BAB 6	TANIN & TERPENOID (KIMIA DAN FARMAKOLOGI).....	95
	Dwimaryam Suciati.....	95
A.	PENDAHULUAN	95
B.	STRUKTUR KIMIA DAN KLASIFIKASI	96
C.	SUMBER ALAM DAN METODE ISOLASI.....	100
D.	AKTIVITAS FARMAKOLOGI TANIN	102
E.	AKTIVITAS FARMAKOLOGI TERPENOID.....	105
F.	KESIMPULAN.....	108
BAB 7	ANALISIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BAHAN ALAM.....	115
	Greesty Finotory Swandiny.....	115
A.	PENDAHULUAN	115
B.	ISOLASI DAN EKSTRAKSI SENYAWA BAHAN ALAM.....	116
C.	FRAKSINASI DAN PEMURNIAN SENYAWA.....	119
D.	SKRINING FITOKIMIA KUALITATIF	122
E.	ANALISIS KROMATOGRAFI	123
F.	TEKNIK SPEKTROSKOPI UNTUK KARAKTERISASI STRUKTUR.....	125
G.	METABOLOMIK DAN ANALISIS BERBASIS DATA	126
H.	STANDARISASI DAN VALIDASI METODE ANALISIS	127
I.	KESIMPULAN.....	128
BAB 8	BIOAKTIVITAS DAN TOKSISITAS SENYAWA BAHAN ALAM.....	131
	Zimon Pereiz.....	131

A.	PENDAHULUAN	131
B.	BIOAKTIVITAS SENYAWA BAHAN ALAM	134
C.	TOKSISITAS SENYAWA BAHAN ALAM.....	137
D.	INOVASI UNTUK MASA DEPAN FARMASI.....	140
E.	KESIMPULAN.....	143
BAB 9	DESAIN DAN PENGEMBANGAN OBAT BERBASIS BAHAN ALAM	149
	Benni Iskandar	149
A.	PENDAHULUAN	149
B.	PENGEMBANGAN OBAT BERBASIS BAHAN ALAM.....	152
C.	PENDEKATAN SISTEMATIS DALAM DESAIN DAN PENGEMBANGAN OBAT	156
D.	KESIMPULAN.....	163
BAB 10	FARMAKOKINETIKA DAN FARMAKODINAMIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT	169
	Abdul Rahim.....	169
A.	PENDAHULUAN	169
B.	KONSEP DASAR FARMAKOKINETIKA	171
C.	PERAN FARMAKOKINETIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT	173
D.	KONSEP DASAR FARMAKODINAMIKA	176
E.	PERAN FARMAKODINAMIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT	179
F.	TANTANGAN DALAM PENGEMBANGAN FARMAKOKINETIKA DAN FARMAKODINAMIKA SUATU OBAT	183
G.	KESIMPULAN.....	184

BAB 11	NANOTEKNOLOGI DALAM FORMULASI OBAT.....	187
	Lailatul Badriyah.....	187
A.	PENDAHULUAN	187
B.	NANOTEKNOLOGI	188
C.	TEKNOLOGI NANO DALAM APLIKASI FARMASI..	198
D.	NANOTEKNOLOGI BAHAN ALAM	199
E.	KESIMPULAN	202
BAB 12	BIOTEKNOLOGI DALAM PENGEMBANGAN OBAT	209
	Baiq Maylinda Gemantari	209
A.	PENDAHULUAN	209
B.	TEKNOLOGI REKAYASA GENETIKA.....	212
C.	PEMBUATAN ENZIM DAN PROTEIN TERAPETIK..	214
D.	TERAPI GEN	216
E.	PEMBUATAN VAKSIN.....	218
F.	PENGEMBANGAN OBAT HERBAL BERBASIS BIOTEKNOLOGI.....	220
G.	KESIMPULAN.....	222
BAB 13	REGULASI DAN KEAMANAN OBAT	229
	Nurma Sabila.....	229
A.	PENDAHULUAN	229
B.	REGULASI OBAT	232
C.	KEAMANAN OBAT: PERSPEKTIF KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM	236
D.	DAMPAK INOVASI PADA REGULASI DAN KEAMANAN OBAT	241
E.	KESIMPULAN	243

BAB 14	INOVASI DALAM PENGHANTARAN OBAT	249
	Agung Ari Chandra Wibawa	249
A.	PENDAHULUAN	249
B.	INOVASI DALAM PENGHANTARAN OBAT BERBASIS NANOTEKNOLOGI.....	250
C.	INOVASI PENGEMBANGAN NANOCARRIER SEBAGAI TERAPI GEN	255
D.	INOVASI SISTEM PENGHANTARAN OBAT SECARA TRANSDERMAL	257
E.	INOVASI SISTEM PENGHANTARAN OBAT YANG DITELAN (ORAL DRUG DELIVERY SYSTEMS)	259
F.	EFEK SINERGIS SISTEM PENGHANTARAN OBAT SEBAGAI IMUNOTERAPI KANKER	263
G.	KESIMPULAN.....	264
BAB 15	KOMBINASI TERAPI: STRATEGI UNTUK EFIKASI LEBIH TINGGI	269
	Meiliza Ekayanti	269
A.	PENDAHULUAN	269
B.	KONSEP TERAPI KOMBINASI	270
C.	SELEKTIFITAS TARGET TERAPI	271
D.	EFEK SINERGISITAS.....	273
E.	EFEK ANTAGONIS	276
F.	TOKSISITAS KOMBINASI	277
G.	KESIMPULAN.....	278

BAB 1

PENDAHULUAN DAN SEJARAH KIMIA ORGANIK

Gilang Anugerah Munggaran
Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta
E-mail: gilang.anugerahm@umj.ac.id

A. PENDAHULUAN

Kimia organik adalah salah satu cabang ilmu kimia yang mempelajari senyawa-senyawa karbon beserta reaksi-reaksinya. Meskipun definisi ini terkesan sederhana, cakupan kimia organik sangat luas dan mendalam. Karbon, sebagai unsur utama dalam kimia organik, memiliki sifat unik yang memungkinkannya membentuk ikatan kovalen yang stabil dengan dirinya sendiri maupun dengan unsur-unsur lain seperti hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan fosfor. Kemampuan karbon untuk membentuk rantai panjang, cincin, dan struktur tiga dimensi yang kompleks menjadikannya dasar dari segala bentuk kehidupan di Bumi. Dari molekul sederhana seperti metana (CH_4) hingga molekul kompleks seperti DNA dan protein, karbon adalah tulang punggung dari struktur dan fungsi kehidupan.

Kimia organik secara tradisional didefinisikan sebagai studi tentang senyawa-senyawa yang mengandung karbon, kecuali beberapa senyawa sederhana seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), dan karbonat (CO_3^{2-}), yang biasanya dipelajari dalam kimia anorganik. Namun, batasan ini semakin kabur seiring dengan perkembangan ilmu kimia, karena banyak senyawa organik yang juga mengandung logam (seperti senyawa organologam) dan memiliki aplikasi yang luas dalam sintesis kimia (Bruice, 2016).

Senyawa organik dapat ditemukan dalam berbagai bentuk, mulai dari hidrokarbon sederhana seperti alkana, alkena, dan alkuna, hingga senyawa-senyawa fungsional seperti alkohol, eter, asam karboksilat, amina, dan senyawa aromatik. Reaksi-reaksi kimia organik, seperti substitusi, adisi, eliminasi, dan polimerisasi, adalah dasar dari sintesis senyawa-senyawa kompleks yang digunakan dalam industri, farmasi, dan bioteknologi.

Kimia organik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua aspek kehidupan modern dipengaruhi oleh senyawa-senyawa organik. Misalnya, bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara adalah sumber utama energi dunia dan terdiri dari senyawa hidrokarbon yang dipelajari dalam kimia organik. Selain itu, plastik, serat sintetis, karet, dan polimer lainnya adalah produk dari sintesis kimia organik yang digunakan dalam berbagai industri.

Dalam bidang pangan, kimia organik mempelajari struktur dan reaksi senyawa-senyawa seperti karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin, yang merupakan komponen penting dalam nutrisi manusia. Kimia organik juga berperan dalam pengembangan bahan pengawet, pewarna, dan perasa makanan yang aman untuk dikonsumsi (McMurry, 2015).

Industri kimia organik adalah salah satu sektor terbesar dan paling penting dalam perekonomian global. Senyawa-senyawa organik digunakan dalam produksi obat-obatan, pestisida, herbisida, pupuk, cat, kosmetik, dan bahan kimia khusus lainnya. Misalnya, industri farmasi sangat bergantung pada kimia organik untuk sintesis obat-obatan, mulai dari obat penghilang rasa sakit seperti aspirin hingga obat-obatan kompleks seperti antibiotik dan antikanker.

Selain itu, kimia organik juga memainkan peran kunci dalam pengembangan material baru. Polimer sintetis seperti polietilen, polipropilen, dan polistirena digunakan dalam

dan bahan alam juga membuka peluang besar untuk inovasi dalam pengembangan obat-obatan baru yang dapat meningkatkan kualitas hidup manusia. Asal usul kimia organik sebagai disiplin ilmu tidak dapat dipisahkan dari perdebatan filosofis tentang vitalisme dan penemuan-penemuan revolusioner seperti sintesis urea oleh Friedrich Wöhler. Percobaan Wöhler tidak hanya meruntuhkan teori vitalisme tetapi juga membuka jalan bagi perkembangan kimia organik sebagai ilmu yang mandiri dan dinamis. Perkembangan awal kimia organik, termasuk klasifikasi senyawa, teori struktur kimia, dan sintesis senyawa kompleks, membentuk fondasi bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan industri modern. Perkembangan penting dalam sejarah kimia organik, seperti penemuan struktur benzena oleh Kekulé, penelitian stereokimia oleh Pasteur, kontribusi Fischer dalam kimia gula dan enzim, serta teori ikatan kimia oleh Pauling, telah membentuk fondasi kimia organik modern. Penemuan-penemuan ini tidak hanya memperdalam pemahaman kita tentang senyawa organik tetapi juga memiliki aplikasi luas dalam industri, farmasi, dan bioteknologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruice, P. Y. (2016). Organic Chemistry. Pearson Education
- McMurry, J. (2015). Organic Chemistry. Cengage Learning.
- Rahayu, S. (2020). Bahan Alam sebagai Sumber Obat Modern. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sastrohamidjojo, H. (2017). Kimia Organik: Bahan Alam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sudarmono, P. (2018). Mikrobiologi Kedokteran: Dasar-Dasar dan Aplikasi Klinis. Jakarta: Penerbit Salemba Medika.
- Syamsudin, A. (2015). Kimia Bahan Alam: Prinsip dan Aplikasi. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Wijayakusuma, H. (2012). Ensiklopedia Milenium: Tumbuhan Berkhasiat Obat Indonesia. Jakarta: Pustaka Pembangunan Swadaya Nusantara.

PROFIL PENULIS



Gilang Anugerah Munggaran, S.KM., M.KM.

Penulis dilahirkan di Cianjur pada tanggal 14 April 1995. Ketertarikan penulis terhadap ilmu Kesehatan Masyarakat dimulai pada tahun 2013. Hal tersebut membuat penulis memilih untuk masuk ke Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan (FKIK), Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah dengan memilih Jurusan Kesehatan Masyarakat mulai tahun 2013 dan berhasil lulus pada tahun 2017 dengan beasiswa penuh dalam Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) dari Kementerian Agama. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang magister dan berhasil menyelesaikan studi S2 di prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia pada tahun 2019 hingga 2021 dengan Beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP). Saat ini penulis bekerja sebagai dosen tetap di Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Jakarta (UMJ). Penulis pernah menjabat sebagai Duty Supervisor di Rumah Sakit Syarif Hidayatullah (RSSH), dan sekarang menjabat Surveyor Akreditasi Pelayanan Kesehatan dalam Lembaga Akreditasi Mutu Fasyankes Indonesia (LAMFI). Penulis juga aktif dalam kegiatan ilmiah dan organisasi keprofesian yaitu Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan (HAKLI). Sehari-harinya bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah Dasar Kesehatan Lingkungan, Analisis Kualitas Lingkungan dan Sistem Manajemen dan Audit Lingkungan. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal serta aktif menulis buku ajar dan *book chapter*.

BAB 2

METODE SINTESIS DALAM KIMIA ORGANIK

Prima Agusti Lukis
Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri
E-mail: prima.agusti.lukis@iik.ac.id

A. PENDAHULUAN

Ilmu kimia organik secara khusus meneliti senyawa-senyawa yang mengandung karbon, meliputi struktur, sifat, dan komposisinya, serta bagaimana senyawa-senyawa ini mengalami reaksi dan dapat disintesis (Clayden et al., 2012). Kapasitas untuk merakit molekul organik secara terarah dan efisien tidak hanya penting untuk mengkonfirmasi struktur dan memahami jalannya reaksi, tetapi juga menjadi kekuatan pendorong inovasi dalam berbagai disiplin ilmu dan teknologi. Dari penemuan serta produksi obat-obatan yang menyelamatkan nyawa, penciptaan material dengan kualitas unggul, hingga sintesis produk alami yang rumit, semuanya berlandaskan pada metode sintesis organik yang mutakhir (Nicolaou, 2003). Proses sintesis senyawa organik sangat krusial karena memungkinkan kita untuk memahami detail reaksi kimia dan juga menjadi kunci dalam mengembangkan senyawa-senyawa inovatif yang memiliki nilai aplikasi tinggi dalam berbagai bidang, termasuk farmasi, industri petrokimia, material berteknologi tinggi, dan pertanian (Clayden et al., 2012).

Bab ini disusun sebagai pengantar yang komprehensif untuk memberikan pemahaman mendasar tentang metode sintesis dalam kimia organik. Fondasi yang sangat penting dalam merencanakan dan melaksanakan sintesis senyawa target yang kompleks bagi pembaca adalah pemahaman mendalam tentang

metode konversi gugus fungsi, serta penguasaan transformasi reaksi organik dasar.

B. PENTINGNYA SINTESIS ORGANIK: FONDASI INOVASI DAN KESEJAHTERAAN

Kreasi senyawa organik memainkan peranan yang amat signifikan dalam beragam aspek ilmu pengetahuan dan sektor industri. Dengan metode ini, para peneliti dapat merancang dan memproduksi substansi yang tidak terdapat secara natural atau sukar didapatkan dari alam, yang selanjutnya memicu inovasi yang berkesinambungan dalam ranah farmasi, material, pertanian, serta teknologi industri.

1. Kesehatan dan Farmasi

Dalam bidang farmasi, sintesis organik memainkan peran yang sangat krusial, terutama dalam penemuan dan produksi obat-obatan. Hampir semua molekul obat yang efektif adalah senyawa organik kompleks yang memerlukan perencanaan sintesis yang matang dan efisien. Sintesis organik memungkinkan ilmuwan untuk tidak hanya menciptakan molekul obat baru yang bekerja secara spesifik pada penyebab penyakit (Silverman, 2014), tetapi juga memproduksi obat tersebut dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan pasien di seluruh dunia (Whitesides, 2005). Selain itu, peneliti dapat memodifikasi struktur obat yang sudah ada untuk manfaat yang lebih baik, dan mengembangkan senyawa organik sebagai alat bantu diagnosis (Lednicer, 2008).

2. Ilmu material dan teknologi

Sintesis organik memberikan kontribusi fundamental dalam mewujudkan material-material canggih dengan sifat-sifat yang dirancang. Sebagai contoh, sebagian besar plastik dan polimer yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari merupakan produk sintesis organik. Studi terus-menerus

menjadi ilmu sistematis (ditandai oleh sintesis urea dan reaksi abad ke-19), sintesis organik berlandaskan pemahaman reaktivitas gugus fungsi, mekanisme reaksi, dan prinsip selektivitas. Pemilihan reagen dan kondisi reaksi yang tepat, serta konversi gugus fungsi sebagai strategi kunci dalam perencanaan retrosintetik, esensial bagi kimiawan untuk merancang dan mewujudkan molekul secara efisien dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brabec, C. J. (2001). Plastic Solar Cells. *Advanced Functional Materials*, 11(1), 15-26.
- Brooks, G. T. (2014). *Pesticide Chemistry and Bioscience*. CRC Press.
- Carey, F. A. & Sundberg, R.J., (2007). *Advanced Organic Chemistry: Part A: Structure and Mechanisms (5th ed.)*. . Springer.
- Clayden, J., Greeves, N., Warren, S., & Wothers, P (2012). *Organic Chemistry, 2nd Edition*. Oxford University Press.
- Corey, E. J. (1988). *The Logic of Chemical Synthesis: Multistep Synthesis of Complex Carbogenic Molecules*. . Nobel Lecture.
- Hadi, S. (2019). Sejarah dan Perkembangan Reaksi Kimia Organik. *Jurnal Pendidikan Sains*, 7(1), 40–48.
- Jones, R. G. (2014). *Polymer Chemistry: Properties and Applications*. Royal Society of Chemistry.
- Kusnandar, A. (2020). Perkembangan Reaksi Sintetis dalam Kimia Organik. *Jurnal Ilmu Kimia Indonesia*, 6(1), 45–52.
- Lednicer, D. (2008). *The Organic Chemistry of Drug Synthesis*. John Wiley & Sons.
- March, J. (2007). *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure (6th ed.)*. March's

- Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure (6th ed.).
- Nicolaou, K. C. (2003). *Classics in Total Synthesis: Targets, Strategies, Methods*. Wiley-VCH.
- Pratama, D. & Yuliani, M., (2020). Sejarah Kimia Organik: Dari Vitalisme hingga Sintesis Modern. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia Indonesia*, 5(2), 85–93.
- Robins, R. K. (2003). Organic Chemistry and The Origins of Life. . *Perspectives in Biology and Medicine*, 46(2), 233–241.
- Smith, M. B. (2020). *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*. 8th ed., Wiley.
- Warren, S. & Wyatt, P., (2008). *Organic Synthesis: The Disconnection Approach (2nd ed.)*. Wiley.
- Wengong J., K. Y. (2019). Retrosynthetic Analysis and Reaction Prediction Using Graph Neural Networks. *Chemical Science*, 10, 1046-1057.
- Whitesides, G. M. (2005). On the "Efficiency" of Synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(19), 2812-2818.

PROFIL PENULIS



Prima Agusti Lukis, M.Si.

Penulis lahir di Nganjuk, 29 Agustus 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D4 Pengobatan Tradisional Tiongkok, Fakultas Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 dan Magister (S2) di Program Studi Kimia, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Fokus penelitian yang digeluti penulis adalah aplikasi senyawa bahan alam untuk biomaterial kedokteran gigi dan pengobatan tradisional tiongkok.

BAB 3

BAHAN ALAM SEBAGAI SUMBER SENYAWA AKTIF

Loso Judijanto
IPOSS, Jakarta
E-mail: losojudijantobumn@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Bahan alam telah menjadi sumber utama pengembangan senyawa aktif yang digunakan dalam farmasi termasuk obat modern. Perkembangan farmasi menunjukkan banyak obat penting berasal dari bahan alam seperti tanaman, *mikroorganisme*, dan organisme laut. Aspirin merupakan turunan dari senyawa yang ditemukan dalam kulit pohon *willow*, sementara antibiotik pertama penisilin diisolasi dari jamur *Penicillium notatum*. Inovasi farmasi terus mengandalkan bahan alam sebagai inspirasi menemukan dan mengembangkan senyawa baru mengatasi tantangan kesehatan global.

Ketergantungan pada bahan alam sebagai sumber senyawa aktif berdasar keberagaman kimiawi yang kompleks dan unik yang tidak mudah direplikasi melalui sintesis kimia. Bahan alam memiliki struktur molekul yang terlalu rumit untuk dihasilkan secara sintesis sehingga menawarkan peluang tak terbatas dalam pengembangan terapi baru. Bahan alam cenderung memiliki bioaktivitas lebih baik dan lebih aman karena telah beradaptasi secara alami selama jutaan tahun berinteraksi dengan sistem biologis tertentu (Jones, 2021).

Dalam dekade terakhir kebutuhan senyawa aktif baru semakin meningkat terutama karena resistensi terhadap obat seperti antibiotika dan antimikroba. Resistensi menjadi ancaman besar bagi kesehatan masyarakat global. Bahan alam menjadi salah satu solusi potensial mengatasi krisis ini.

Penelitian intensif terhadap biodiversitas khususnya di wilayah tropis yang kaya *flora* dan *fauna*, dilakukan untuk menemukan senyawa aktif yang efektif.

Selain peran mengatasi tantangan kesehatan, bahan alam berperan penting mewujudkan keberlanjutan di sektor farmasi. Keberlanjutan ini meliputi tidak hanya aspek lingkungan, tetapi juga aspek sosial dan ekonomi. Penggunaan bahan alam yang dieksplorasi secara etis membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal yang menggantungkan hidup pada pengelolaan sumber daya alam tersebut. Pendekatan ini menciptakan sinergi antara perlindungan biodiversitas dan pengembangan ekonomi lokal (Harris, 2023).

Pemanfaatan bahan alam dalam farmasi menghadapi tantangan signifikan dalam menjamin keberlanjutan. Salah satu tantangan utama adalah ancaman terhadap biodiversitas akibat eksploitasi berlebihan dan perubahan lingkungan. Penambangan bahan alam tanpa pengelolaan tepat merusak ekosistem, mengurangi populasi spesies tertentu, bahkan menyebabkan kepunahan spesies yang berpotensi besar sebagai sumber senyawa aktif baru. Perubahan iklim global bertambah memperburuk kondisi habitat alamiah hingga mempersempit peluang menemukan bahan alam unik dan bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Tantangan lain adalah kesenjangan dalam teknologi dan metode eksplorasi yang digunakan mendeteksi dan mengekstraksi senyawa aktif bahan alam. Banyak metode yang masih mengandalkan teknik tradisional yang kurang efisien, membutuhkan waktu lama, dan menghasilkan limbah tidak ramah lingkungan. Pendekatan konvensional ini selain membatasi efisiensi eksplorasi, juga meningkatkan risiko kerusakan lingkungan. Perlu dikembangkan teknologi mutakhir seperti *bioengineering* dan *data mining* berbasis kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi senyawa aktif secara lebih cepat,

medis, tetapi juga lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan dan manusia.

Bahan alam memiliki potensi besar untuk mendukung terciptanya pengobatan yang lebih personal dan inovatif, khususnya dengan fokus pada penyakit kronis dan terapi genetika. Untuk itu dibutuhkan investasi jangka panjang dalam riset dan pengembangan sehingga farmasi dapat terus berkembang dengan tetap menjaga prinsip keberlanjutan. Dengan semua peluang dan tantangan yang ada, bahan alam dapat menjadi pilar utama dalam membangun masa depan farmasi yang tidak hanya lebih inovatif, tetapi juga sejalan dengan kebutuhan ekologis dan sosial. Pengelolaan yang bijaksana, disertai kolaborasi global dan teknologi canggih adalah kunci untuk memastikan bahwa bahan alam terus menjadi sumber daya yang tak ternilai bagi kemajuan farmasi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, R. (2020) 'Challenges and Opportunities in Bioprospecting for Natural Products', *Environmental Research Letters*, 15(6), pp. 650–671.
- Chen, W. (2020) 'Natural Products and Their Derivatives for Drug Development', *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 72(5), pp. 679–690.
- Duffy, S. (2022) 'Advances in Malaria Treatment through Artemisinin-Based Compounds', *Journal of Tropical Medicine*, 34(2), pp. 123–132.
- Fleming, C. (2020) 'Marine Biodiversity and Its Pharmaceutical Potential', *Current Opinion in Biotechnology*, 65, pp. 91–97.
- Garcia, M. (2022) 'Sustainable Aquaculture Practices for Pharmaceutical Raw Materials', *Environmental Science & Technology*, 56(7), pp. 4560–4570.

- Hansen, K. (2023) 'Complexity of Marine-Derived Natural Products in Drug Development', *Nature Biotechnology*, 41(4), pp. 654–665.
- Harris, P. (2023) 'Sustainability in Natural Products Research: Ethical and Practical Considerations', *Journal of Sustainable Chemistry*, 42(1), pp. 78–89.
- Huang, L. (2022) 'Biotechnological Production of Natural Product-Based Pharmaceuticals', *Biotechnology Advances*, 53, p. 107880.
- Jones, C. (2021) 'Exploring the Complexity of Natural Products for Drug Development', *Drug Discovery Today*, 26(9), pp. 1325–1335.
- Martinez, P. (2021) 'Consumer Trends in Natural Product-Based Pharmaceuticals', *Journal of Consumer Health*, 37(5), pp. 450–465.
- Nakamura, K. (2022) 'Repurposing Natural Products for Modern Therapeutics', *Journal of Molecular Medicine*, 30(4), pp. 200–212.
- Perez, R. (2021) 'Advancements in Metabolomics for Natural Product Research', *Trends in Analytical Chemistry*, 139, p. 116240.
- Smith, J. (2023) 'Sustainable Practices in Natural Product Exploration for Pharmaceuticals', *Environmental Research Letters*, 18(3), p. 31202.
- Taylor, R. (2020) 'Circular Economy Approaches in the Pharmaceutical Industry', *Journal of Cleaner Production*, 277, p. 124158.
- Zhang, H. (2022) 'Antitumor Activity of Marine-Derived Natural Products', *Cancer Research Journal*, 56(3), pp. 245–260.

PROFIL PENULIS



Loso Judijanto

Penulis adalah peneliti yang bekerja pada lembaga penelitian IPOSS Jakarta. Penulis dilahirkan di Magetan pada tanggal 19 Januari 1971. Penulis menamatkan pendidikan *Master of Statistics* di *the University of New South Wales*, Sydney, Australia pada tahun 1998 dengan dukungan beasiswa ADCOS (*Australian Development Cooperation Scholarship*) dari Australia. Sebelumnya

penulis menyelesaikan Magister Manajemen di Universitas Indonesia pada tahun 1995 dengan dukungan beasiswa dari Bank Internasional Indonesia. Pendidikan sarjana diselesaikan di Institut Pertanian Bogor pada Jurusan Statistika – FMIPA pada tahun 1993 dengan dukungan beasiswa dari KPS-Pertamina. Penulis menamatkan Pendidikan dasar hingga SMA di Maospati, Sepanjang karirnya, Penulis pernah ditugaskan untuk menjadi anggota Dewan Komisaris dan/atau Komite Audit pada beberapa perusahaan/lembaga yang bergerak di berbagai sektor antara lain pengelolaan pelabuhan laut, telekomunikasi seluler, perbankan, pengembangan infrastruktur, sekuritas, pembiayaan infrastruktur, perkebunan, pertambangan batu bara, properti dan rekreasi, dan pengelolaan dana perkebunan. Penulis memiliki minat dalam riset di bidang kebijakan publik, ekonomi, keuangan, *human capital*, dan *corporate governance*.

BAB 4

SENYAWA FLAVONOID DAN AKTIVITAS BIOLOGISNYA

Meilisa Rusdiana Surya Efendi
Universitas Bojonegoro, Bojonegoro
E-mail: meilisarusdiana11@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Flavonoid merupakan salah satu golongan senyawa fenol alam yang terbesar. Flavonoid terdapat dalam semua tumbuhan hijau. Flavonoid terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kulit, bunga, buah dan biji. Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa metabolit sekunder yang paling melimpah dalam dunia tumbuhan. Senyawa ini memiliki struktur dasar yang terdiri atas dua cincin aromatik (cincin A dan B) yang dihubungkan oleh sebuah kerangka tiga karbon membentuk cincin heterosiklik (cincin C), yang secara umum dikenal dengan kerangka C₆-C₃-C₆. Flavonoid telah lama dikenal karena perannya dalam memberikan warna pada bunga, buah, dan daun, serta sebagai bagian dari sistem pertahanan tanaman terhadap patogen dan radiasi ultraviolet. Namun, minat terhadap senyawa ini tidak hanya terbatas pada bidang botani atau ekologi, tetapi telah berkembang luas dalam bidang kesehatan, farmasi, dan ilmu pangan karena aktivitas biologisnya yang sangat beragam. Golongan terbesar dari senyawa fenolik dengan aktivitas farmakologi serta memiliki kemampuan dalam menstimulasi Kesehatan karena aktivitas antioksidannya seperti senyawa polifenol. Golongan flavonoid memiliki ciri utama yaitu mengandung gugus fungsi hidroksil sebagai aktivitas antioksidan melalui ikatan dengan radikal atau ion logam. Senyawa metabolit golongan flavonoid juga

memiliki kemampuan menginduksi system enzim yang berperan sebagai agen protektif pada manusia. Penelitian menunjukkan efek perlindungan flavonoid untuk melawan banyak agen infeksi dari bakteri dan virus.

Di bidang kesehatan, flavonoid dikenal memiliki aktivitas biologis seperti antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, antikanker, dan neuroprotektif. Aktivitas ini terutama berkaitan dengan kemampuannya dalam menetralkan radikal bebas, menghambat enzim-enzim pemicu inflamasi, serta memodulasi jalur sinyal seluler yang terlibat dalam perkembangan penyakit kronis. Seiring dengan meningkatnya insiden penyakit degeneratif, penelitian terhadap flavonoid sebagai agen terapeutik alami mengalami perkembangan pesat. Berbagai flavonoid, seperti quercetin, kaempferol, luteolin, dan genistein, telah diteliti baik secara *in vitro* maupun *in vivo* untuk mengungkap mekanisme aksi dan potensinya sebagai agen farmakologis. Selain aspek biologis, flavonoid juga memainkan peran penting dalam industri pangan dan kosmetika. Sebagai senyawa antioksidan alami, flavonoid banyak digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan umur simpan produk makanan. Dalam kosmetika, senyawa ini dimanfaatkan sebagai bahan aktif untuk perlindungan kulit dari sinar ultraviolet serta mengurangi proses penuaan dini. Dengan demikian, nilai ekonomi dari flavonoid juga semakin meningkat dan membuka peluang pengembangan produk berbasis bahan alam yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

B. STRUKTUR DAN KLASIFIKASI FLAVONOID

Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenolik yang memiliki struktur dasar C₆-C₃-C₆, terdiri atas dua cincin aromatik (A dan B) yang dihubungkan oleh rantai tiga karbon membentuk cincin heterosiklik (C). Kerangka dasar ini membedakan flavonoid dari senyawa fenolik lainnya dan

- 133(10), 3248S–3254S.
<https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3248S>
- Crozier, A., Jaganath, I. B., & Clifford, M. N. (2009). Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Product Reports*, 26(8), 1001–1043.
<https://doi.org/10.1039/B802662A>
- Cushnie, T. P. T., & Lamb, A. J. (2005). Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 26(5), 343–356.
<https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2005.09.002>
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). London: Chapman & Hall.
- Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572–584.
[https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747.
<https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>
- Middleton, E., Kandaswami, C., & Theoharides, T. C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: Implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews*, 52(4), 673–751.
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63(7), 1035–1042.
<https://doi.org/10.1021/np9904509>
- Tapas, A. R., Sakarkar, D. M., & Kakde, R. B. (2008). Flavonoids as nutraceuticals: A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1089–1099.
<https://doi.org/10.4314/tjpr.v7i3.14693>

Williams, R. J., Spencer, J. P. E., & Rice-Evans, C. (2004). Flavonoids: Antioxidants or signalling molecules? *Free Radical Biology and Medicine*, 36(7), 838–849. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.01.001>

PROFIL PENULIS



Meilisa Rusdiana Surya Efendi, S.Pd., M.Si, Dosen Kimia Universitas Bojonegoro. Penulis adalah dosen jurusan kimia FST Universitas Bojonegoro untuk matakuliah Kimia Organik. Menyelesaikan program megister kimia di Universitas Airlangga pada tahun 2016. Di samping aktif dalam menulis buku-buku dalam bidang kimia organik maupun biokimia, penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang isolasi bahan alam dan enzim serta aktif membimbing mahasiswa dalam program kreativitas mahasiswa dan Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka.

BAB 5

ALKALOID: STRUKTUR, SUMBER, DAN MANFAAT

R. Susanti
Universitas Negeri Semarang
E-mail: basanatha8@mail.unnes.ac.id

A. PENDAHULUAN

Tumbuhan memiliki beragam produk metabolisme primer dan sekunder. Metabolit primer terdapat di setiap sel hidup yang dihasilkan dari reaksi metabolisme vital. Sebaliknya, metabolit sekunder merupakan metabolit khusus berasal dari metabolisme primer dan hanya terdapat di jaringan penting yang dibutuhkan untuk fungsi tertentu (Pott et al., 2019). Alkaloid adalah metabolit sekunder khusus dengan nitrogen sebagai unsur karakteristik dalam struktur kimianya. Istilah "alkaloid" pertama kali dicetuskan oleh ahli kimia Jerman bernama Carl F. W. Meissner pada tahun 1819 (Croteau et al., 2000). Nama 'alkaloid' (mirip alkali) disebabkan oleh sifat basanya, yang memungkinkannya ditemukan sebagai garam asam organik atau basa bebas (Casciaro *et al.*, 2020). Alkaloid ditemukan dan digunakan sejak 4000 tahun yang lalu, dan memiliki potensi terapeutik yang cukup banyak (Amirkia & Heinrich, 2014), antara lain antiproliferasi, antibakteri, antioksidan (Qiu et al., 2014). Alkaloid dibentuk oleh berbagai macam entitas, termasuk tumbuhan, hewan, jamur, dan bakteri. Alkaloid membentuk sekitar 20% metabolit sekunder berbasis tumbuhan, dan sekitar 12.000 alkaloid telah diisolasi dari berbagai genus tumbuhan (Kaur & Arora, 2015).

Alkaloid adalah struktur dengan berat molekul rendah (Kaur & Arora, 2015), terdiri dari atom nitrogen basa, dapat juga mengandung beberapa senyawa netral atau asam lemah (Manske

& Holmes, 2014). Selain karbon, nitrogen, atau hidrogen, alkaloid juga mengandung sulfur, namun jarang mengandung bromin, fosfor, atau klorin. Berdasarkan sistem cincin heterosiklik dan prekursor biosintesisnya, alkaloid diklasifikasikan ke dalam berbagai kategori, yaitu indol, purin, quinolin, isoquinolin, tropan, imidazol, dan lain-lain (Kaur & Arora, 2015; Roy, 2017).

Secara tradisional, ekstrak tanaman telah digunakan sebagai obat-obatan maupun perawatan kesehatan. Senyawa-senyawa yang disintesis dalam berbagai jaringan tanaman telah dipelajari secara ekstensif dalam hal biosintesis dan aktivitas biologisnya (Cárdenas et al., 2019). Industri farmasi memanfaatkan alkaloid-alkaloid yang terdapat di alam dengan pengembangan formulasi untuk potensi terapeutik yang lebih baik. Alkaloid-alkaloid ini menunjukkan aktivitas mulai dari toksisitas medis hingga akut, seperti alkaloid bunga poppy yang aktivitasnya tergantung pada dosis senyawa (Beaudoin & Facchini, 2014). Berdasarkan laporan, spesies tanaman tingkat tinggi yang termasuk dalam famili Berberidaceae, Amaryllidaceae, Liliaceae, Leguminaceae, Papaveraceae, Ranunculaceae, dan Solanaceae disebutkan kaya alkaloid (Matsuura & Fett-Neto, 2017).

B. KLASIFIKASI DAN STRUKTUR ALKALOID

Susunan dan kombinasi gugus fungsi menghasilkan berbagai macam alkaloid baik di kingdom tumbuhan maupun hewan. Untuk memudahkan mempelajari, senyawa alkaloid diklasifikasikan menurut jalur biosintesisnya, struktur kimianya, dan kelompok tanaman penghasilnya (Dey et al., 2020). Banyak alkaloid memiliki kerangka yang sama dalam genus tumbuhan tertentu, namun berbeda dalam sifat kimia dan biologisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhaithloul, H. A., Soliman, M. H., Ameta, K. L., El-Esawi, M. A., & Elkelish, A. (2019). Changes in ecophysiology, osmolytes, and secondary metabolites of the medicinal plants of *Mentha piperita* and *Catharanthus roseus* subjected to drought and heat stress. *Biomolecules*, 10(1), 43. doi:10.3390/biom10010043
- Amirkia, V., & Heinrich, M. (2014). Alkaloids as drug leads-A predictive structural and biodiversity-based analysis. *Phytochemistry Letters*, 10, 1-6. doi: 10.1016/j.phytol.2014.06.015
- Anwar, M., Turner, M., Farrell, N., Zomlefer, W. B., McDougal, O. M., & Morgan, B. W. (2018). Hikers poisoned: Veratrum steroidal alkaloid toxicity following ingestion of foraged *Veratrum parviflorum*. *Clinical toxicology (Philadelphia, Pa.)*, 56(9), 841-845. doi:10.1080/15563650.2018.1442007
- Bailly, C. (2021). The steroidal alkaloids α -tomatine and tomatidine: Panorama of their mode of action and pharmacological properties. *Steroids*, 176(108933), 1-14. doi: 10.1016/j.steroids.2021.108933
- Beaudoin, G. A. W., & Facchini, P. J. (2014). Benzylisoquinoline alkaloid biosynthesis in opium poppy. *Planta*, 240(1), 19-32. doi: 10.1007/s00425-014-2056-8
- Bhambhani, S., Kondhare, K. R., & Giri, A. P. (2021). Diversity in chemical structures and biological properties of plant alkaloids. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(11), 3374. doi: 10.3390/molecules26113374
- Bienaimé, C., Melin, A., Bensaddek, L., Jacques, A., Nava-Saucedo, E., & Baltora-Rosset, E. (2015). Effects of plant growth regulators on cell growth and alkaloids production by cell cultures of *Lycopodiella inundata*. *Plant Cell, Tissue*

and Organ Culture, 123, 523-533 doi:10.1007/s11240-015-0856-6

- Cárdenas, P. D., Sonawane, P. D., Heinig, U., Heinig, U., Jozwiak, A., Panda, S., Abebie, B., Kazachkova, Y., Pliner, M., Unger, T., Wolf, D., Ofner, I., Vilaprinio, E., Meir, S., Davydov, O., Gal-on, A., Burdman, S., Giri, A., Zamir, D., Scherf, T., Szymanski, J., Rogachev, I., & Aharoni, A. (2019). Pathways to defense metabolites and evading fruit bitterness in genus *Solanum* evolved through 2-oxoglutarate-dependent dioxygenases. *Nature Communications*, 10(5169), 1-13. doi: 10.1038/s41467-019-13211-4
- Casciaro, B., Mangiardi, L., Cappiello, F., Romeo, I., Loffredo, M. R., Iazzetti, A., Calcaterra, A., Goggiamani, A., Ghirga, F., Mangoni, M. L., Botta, B., & Quaglio, D. (2020). Naturally-occurring alkaloids of plant origin as potential antimicrobials against antibiotic-resistant infections. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(16), 3619. doi: 10.3390/molecules25163619
- Chen, C., & Lin, L. (2020). Alkaloids in diet. In J. Xiao, S. Sarker, & Y. Asakawa (Eds.), *Handbook of Dietary Phytochemicals*, Springer: Singapore.
- Cretton, S., Dorsaz, S., Azzollini, A., Favre-Godal, Q., Marcourt, L., Ebrahimi, S. N., Voinesco, F., Michellod, E., Sanglard, D., Gindro, K., Wolfender, J. L., Cuendet, M., & Christen, P. (2016). Antifungal quinoline alkaloids from *Waltheria indica*. *Journal of Natural Products*, 79(2), 300-307. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00896
- Cushnie, T. P., Cushnie, B., & Lamb, A. J. (2014). Alkaloids: an overview of their antibacterial, antibiotic-enhancing and antivirulence activities. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 44(5), 377-386. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2014.06.001

- Dey, P., Kundu, A., Kumar, A., Gupta, M., Lee, B. M., Bhakta, T., Dash, S., & Kim, H. S. (2020). Analysis of alkaloids (indole alkaloids, isoquinoline alkaloids, tropane alkaloids). *Recent Advances in Natural Products Analysis*, 505-567. doi:10.1016/B978-0-12-816455-6.00015-9
- Fagerström, K. (2014). Nicotine: Pharmacology, toxicity and therapeutic use. *Journal of Smoking Cessation*, 9(2), 53-59. doi: 10.1017/jsc.2014.27
- Faisal, S., Badshah, S.L., Kubra, B., Emwas, A-H., & Jaremko, M. (2023). Alkaloids as potential antivirals. A comprehensive review. *Natural Products and Bioprospecting*, 13(4), 1-38. doi:10.1007/s13659-022-00366-9
- Fatima, S., Mujib, A., & Tonk, D. (2015). NaCl amendment improves vinblastine and vincristine synthesis in *Catharanthus roseus*: a case of stress signaling as evidenced by antioxidant enzymes activities. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 121, 445-458. doi:10.1007/s11240-015-0715-5.
- Fikatas, A., Vervaeke, P., Meyen, E., Llor, N., Ordeix, S., Boonen, I., Bletsa, M., Kafetzopoulou, L. E., Lemey, P., Amat, M., Pannecouque, C., & Schols, D. (2021). A novel series of indole alkaloid derivatives inhibit dengue and zika virus infection by interference with the viral replication complex. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 65(8), e0234920. doi: 10.1128/AAC.02349-20
- Frick, K. M., Kamphuis, L. G., Siddique, K. H., Singh, K. B., & Foley, R. C. (2017). Quinolizidine alkaloid biosynthesis in lupins and prospects for grain quality improvement. *Frontiers in Plant Science*, 8(87), 1-14. doi: 10.3389/fpls.2017.00087
- Gharat, S.A., Shinde, B. A., Mule, R. D., Punekar, S. A., Dholakia, B. B., Jayaramaiah, R. H., Ramaswamy, G., &

- Giri, A. P. (2020). High throughput metabolomic and transcriptomic analyses vet the potential route of cerpegin biosynthesis in two varieties of *Ceropegia bulbosa* Roxb. *Planta*, 251(28), 1-13. doi:10.1007/s00425-019-03319-8
- González-Juárez, D. E., Escobedo-Moratilla, A., Flores, J., Hidalgo-Figueroa, S., Martínez-Tagüeña, N., Morales-Jiménez, J., Muñoz-Ramírez, A., Pastor-Palacios, G., Pérez-Miranda, S., Ramírez-Hernández, A., Trujillo, J., & Bautista, E. (2020). A Review of the Ephedra genus: distribution, ecology, ethnobotany, phytochemistry and pharmacological properties. *Molecules*, 25(14), 3283. doi:10.3390/molecules25143283
- Huang, Y. L., Cui, S. Y., Cui, X. Y., Cao, Q., Ding, H., Song, J. Z., Hu, X., Ye, H., Yu, B., Sheng, Z. F., Wang, Z. J., & Zhang, Y. H. (2016). Tetrandrine, an alkaloid from *S. tetrandra* exhibits anti-hypertensive and sleep-enhancing effects in SHR via different mechanisms. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 23(14), 1821-1829. doi:10.1016/j.phymed.2016.10.021
- James, P. A., Oparil, S., Carter, B. L., Cushman, W. C., Dennison-Himmelfarb, C., Handler, J., Lackland, D. T., LeFevre, M. L., MacKenzie, T. D., Ogedegbe, O., Smith, S. C., Jr, Svetkey, L. P., Taler, S. J., Townsend, R. R., Wright, J. T., Jr, Narva, A. S., & Ortiz, E. (2014). 2014 evidence-based guideline for the management of high blood pressure in adults: report from the panel members appointed to the Eighth Joint National Committee (JNC 8). *The Journal of the American Medical Association*, 311(5), 507-520. doi:10.1001/jama.2013.284427
- Kaur, R., & Arora, S. (2015). Alkaloids-important therapeutic secondary metabolites of plant origin. *Journal of Critical Reviews*, 2(3), 1-8.

- Khadem, S., & Marles, R. J. (2012). Chromone and flavonoid alkaloids: Occurrence and bioactivity. *Molecules*, 17(1), 191-206. doi: 10.3390/molecules17010191
- Kellner, F., Geu-Flores, F., Sherden, N. H., Brown, S., Foureau, E., Courdavault, V., & O'Connor, S. E. (2015). Discovery of a P450-catalyzed step in vindoline biosynthesis: a link between the aspidosperma and eburnamine alkaloids. *Chemical Communications (Cambridge, England)*, 51(36), 7626-7628. Doi:10.1039/c5cc01309g
- Kohnen-Johannsen, K. L., & Kayser, O. (2019). Tropane alkaloids: chemistry, pharmacology, biosynthesis and production. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(4), 796. doi: 10.3390/molecules24040796
- Kortbeek, R.W.J., van der Gragt, M., & Bleeker, P.M. (2019). Endogenous plant metabolites against insects. *European Journal of Plant Pathology*, 154, 67-90. doi: 10.1007/s10658-018-1540-6.
- Lichman, B. R. (2021). The scaffold-forming steps of plant alkaloid biosynthesis. *Natural Product Reports*, 38, 103-129. doi:10.1039/D0NP00031K
- Liu, W., Wang, Y., He, D. D., Li, S. P., Zhu, Y. D., Jiang, B., Cheng, X. M., Wang, Z., & Wang, C. H. (2015). Antitussive, expectorant, and bronchodilating effects of quinazoline alkaloids ($\pm$)-vasicine, deoxyvasicine, and ($\pm$)-vasicinone from aerial parts of *Peganum harmala* L. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 22(12), 1088-1095. doi: 10.1016/j.phymed.2015.08.005
- Liu, L., Wang, J.Y., Chen, F., Liu, C., Long, X.H., Liu, Z.P., & Shao, H.B. (2014). Exogenous CaCl₂ promoted the indole alkaloid accumulation in seedlings of *Catharanthus roseus* under NaCl stress. *Plant Biosystems*, 148(1), 127-132, doi: 10.1080/11263504.2013.852631

- Maheshwari, N.O., Khan, A., & Chopade, B.A. (2019). Rediscovering the medicinal properties of *Datura sp.*: A review. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7(39), 2885-2897. doi: 10.5897/JMPR11.1657
- Manske, R. H. F., & Holmes, H. L. (2014). The Alkaloids: chemistry and physiology. In R.H.F. Manske & R.G.A. Rodrigo. *The Alkaloids*. Elsevier: Amsterdam
- Matsuura, H. N., & Fett-Neto, A. G. (2017). Plant alkaloids: Main features, toxicity and mechanisms of action. In P. Carlini & R. Ligabue-Braun (Eds.), *Plant Toxins: Gopalakrishnakone*. Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- Mishra, M.R., Srivastava, R.K., & Akhtar, N. (2019). Abiotic stresses of salinity and water to enhance alkaloids production in cell suspension culture of *Catharanthus roseus*. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 8(2), 140-148. Doi:
- Morikawa, T., Kitagawa, N., Tanabe, G., Ninomiya, K., Okugawa, S., Motai, C., Kamei, I., Yoshikawa, M., Lee, I. J., & Muraoka, O. (2016). Quantitative determination of alkaloids in lotus flower (flower buds of *Nelumbo nucifera*) and their melanogenesis inhibitory activity. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 21(7), 930. doi:10.3390/molecules21070930
- Neag, M. A., Mocan, A., Echeverría, J., Pop, R. M., Bocsan, C. I., Crișan, G., Buzoianu, A. D. (2018). Berberine: Botanical occurrence, traditional uses, extraction methods, and relevance in cardiovascular, metabolic, hepatic, and renal disorders. *Frontiers in Pharmacology*, 9(557), 1-30. doi:10.3389/fphar.2018.00557
- Otter, J., & D'Orazio, J.L. Strychnine toxicity. In StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. Available online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459306/>(accessed on 13 February 2025).

- Parthvi, R., Agrawal, A., Khanijo, S., Tsegaye, A., & Talwar, A. (2019). Acute opiate overdose: an update on management strategies in emergency department and critical care unit. *American Journal of Therapeutics*, 26(3), e380-e387. doi: 10.1097/MJT.0000000000000681
- Pomara, C., Cassano, T., D'Errico, S., Bello, S., Romano, A. D., Riezzo, I., & Serviddio, G. (2012). Data available on the extent of cocaine use and dependence: biochemistry, pharmacologic effects and global burden of disease of cocaine abusers. *Current Medicinal Chemistry*, 19(33), 5647-5657. doi: 10.2174/092986712803988811
- Pott, D. M., Osorio, S., & Vallarino, J. G. (2019). From central to specialized metabolism: An overview of some secondary compounds derived from the primary metabolism for their role in conferring nutritional and organoleptic characteristics to fruit. *Frontiers of Plant Science*, 10(835), 1-19. doi: 10.3389/fpls.2019.00835.
- Qiu, S., Sun, H., Zhang, A. H., Xu, H. Y., Yan, G. L., Han, Y., & Wang, X. J. (2014). Natural alkaloids: basic aspects, biological roles, and future perspectives. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12(6), 401-406. doi: 10.1016/S1875-5364(14)60063-7
- Raj, D., Kokotkiewicz, A., Drys, A., & Luczkiewicz, M. (2015). Effect of plant growth regulators on the accumulation of indolizidine alkaloids in *Securinega suffruticosa* callus cultures. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 123, 39-45. doi: 10.1007/s11240-015-0811-6
- Renu & Sharma, M. K. (2021). Pharmacokinetics activity and interaction of vinblastin and vincristine compounds of *Catharanthus roseus* involved in tia biosynthesis. *Journal of Advanced Scientific Research*, 12(2) Suppl 2, 319-322.

- Roy, A. (2017). A review on the alkaloids an important therapeutic compound from plants. *International Journal of Plant Biotechnology*, 3, 1-9. doi: 10.37628/ijpb.v3i2.199
- Thawabteh, A., Juma, S., Bader, M., Karaman, D., Scrano, L., Bufo, S.A., & Karaman, R. (2019). The biological activity of natural alkaloids against herbivores, cancerous cells and pathogens. *Toxins*, 11(11), 656. doi: 10.3390/toxins11110656.
- Yohannes, A., Eyalarasan, K., Imam; Eyob, L., Ghebregus, E., Weldemariam, L., Yohannes, T., & Yemane, A. (2018). Antibacterial and antifungal activities of easily grown Eritrean black pepper. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 7(2), 81-83. doi: 10.17577/IJERTV7IS020028
- Zhang, X. Y., Bi, R. Y., Zhang, P., & Gan, Y. H. (2018). Veratridine modifies the gating of human voltage-gated sodium channel Nav1.7. *Acta Pharmacologica Sinica*, 39(11), 1716-1724. doi: 10.1038/s41401-018-0065-z
- Zhang, N., Lian, Z., Peng, X., Li, Z., & Zhu, H. (2017). Applications of higenamine in pharmacology and medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 196, 242-252. doi: 10.1016/j.jep.2016.12.033
- Zhong, J., Wang, H., Zhang, Q., & Gao, S. (2021). The chemistry of Daphniphyllum alkaloids. *The Alkaloids Chemistry and Biology*, 85, 113-176. doi:10.1016/bs.alkal.2021.01.001.

PROFIL PENULIS



R. Susanti.

Lulus Dokter Hewan di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada (FKH UGM) tahun 1994, lulus S2 di Program Studi Sains Veteriner Pascasarjana UGM tahun 2001, Lulus S3 di Program Studi Sains Veteriner Sekolah Pascasarjana IPB tahun 2008. Saat ini sebagai dosen tetap di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri

Semarang (UNNES), antara lain mengampu mata kuliah Immunobiologi, Biokimia, Kimia Organik, Biologi Molekuler dan Teknik Pengelolaan Laboratorium. Aktif menulis di berbagai jurnal ilmiah nasional dan internasional, sebagai narasumber pada beberapa seminar nasional, reviewer beberapa jurnal nasional dan internasional, editor beberapa buku dan prosiding serta penulis beberapa judul buku. Karya buku yang pernah ditulis adalah Teknologi Enzim (2017), Teknik Pengelolaan Laboratorium (2021), Karakterisasi Genomik Mikrobiota dan Imunoglobulin A Sekretorik pada Intestinal Itik (Monograf 2022), Ekspresi dan Profil miRNA pada Kanker Kolorektal (Monograf 2023), Panduan Stunting (2023), Buku Ajar Biokimia (2024), dan beberapa chapter pada berbagai Bookchapter.

BAB 6

TANIN & TERPENOID (KIMIA DAN FARMAKOLOGI)

Dwimaryam Suciati
Politeknik ATI Padang, Padang
E-mail: dwimaryamsuciati@yahoo.com

A. PENDAHULUAN

Metabolit sekunder tumbuhan, seperti alkaloid, flavonoid, tanin, dan terpenoid, berperan penting sebagai pertahanan biologis tanaman terhadap patogen, namun juga memiliki efek farmakologis signifikan pada manusia (Firn, 2010). Dua kelompok senyawa metabolit sekunder yang menjadi perhatian utama dalam kajian ini adalah tanin dan terpenoid. Tanin merupakan senyawa polifenol kompleks yang dikenal luas karena aktivitas antioksidan, antimikroba, dan potensinya dalam pengobatan kanker dan gangguan kardiovaskular (Chung et al., 1998). Sementara itu, terpenoid (dikenal juga sebagai isoprenoid) merupakan kelompok terbesar senyawa alami yang mencakup berbagai molekul bioaktif seperti artemisinin, taxol, dan mentol, dengan aktivitas farmakologis mulai dari antimalaria, antitumor, hingga antiinflamasi (Thoppil & Bishayee, 2011).

Studi terhadap struktur kimia dan biosintesis tanin dan terpenoid tidak hanya memberikan wawasan mengenai mekanisme kerja biologisnya, tetapi juga memungkinkan desain derivatif sintetik yang lebih efisien dan selektif. Pemahaman terhadap hubungan struktur-aktivitas (SAR) pada senyawa ini menjadi kunci untuk pengembangan farmasi berbasis bahan alam yang lebih inovatif dan efektif (Atanasov et al., 2015). Selain itu, kemajuan dalam metode isolasi, karakterisasi spektroskopik, dan teknologi formulasi memberikan dukungan

signifikan terhadap peningkatan bioavailabilitas dan stabilitas senyawa aktif tersebut. Sumbernya yang melimpah di alam, aktivitas biologis yang luas, serta potensi integrasi dalam teknologi farmasi mutakhir menjadikan keduanya kandidat penting dalam strategi pengembangan obat masa depan (Harvey et al., 2015). Oleh karena itu, kajian komprehensif terhadap aspek kimia, sumber alam, dan aktivitas farmakologis dari tanin dan terpenoid sangat diperlukan.

Bab ini bertujuan untuk membahas secara sistematis aspek struktur kimia, klasifikasi, sumber alam, mekanisme aksi farmakologis, serta tantangan dan prospek pemanfaatan tanin dan terpenoid dalam bidang farmasi. Diharapkan, pemaparan ini dapat memberikan wawasan mendalam serta mendorong riset lanjutan dalam pengembangan obat alami yang inovatif dan berkelanjutan.

B. STRUKTUR KIMIA DAN KLASIFIKASI

Tanin dan terpenoid merupakan dua kelompok utama metabolit sekunder yang memiliki struktur kimia kompleks dan beragam, serta memainkan peran penting dalam bioaktivitas farmakologis tumbuhan. Pemahaman terhadap struktur kimia dan klasifikasi senyawa ini sangat penting untuk mendukung strategi pengembangan obat berbasis bahan alam, termasuk dalam pendekatan structure-activity relationship (SAR) dan drug design modern (Atanasov et al., 2015).

Tanin adalah senyawa polifenol dengan berat molekul tinggi yang mampu membentuk kompleks kuat dengan protein, alkaloid, dan logam berat. Tanin memiliki berat molekul berkisar antara 500 sampai 3000 (ester asam galat) dan lebih besar dari 20.000 (proantosianidin). Berdasarkan struktur kimianya, tanin diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama: tanin hidrolis (Gambar 6.1) dan tanin terkondensasi (Gambar 6.2). Tanin hidrolis terdiri dari ester asam galat atau asam elagat

memberikan peluang besar bagi keduanya untuk menempati posisi strategis dalam pengembangan obat masa depan.

Namun demikian, tantangan seperti rendahnya bioavailabilitas, variabilitas bahan baku, dan kurangnya uji klinis berskala besar masih perlu diatasi. Diperlukan integrasi antara riset kimia bahan alam, farmasetika, teknologi formulasi, dan kajian klinis untuk menjembatani potensi laboratorium ke produk siap pakai. Kolaborasi lintas bidang serta dukungan regulasi dan industri menjadi kunci dalam mengoptimalkan kontribusi tanin dan terpenoid terhadap sektor farmasi global.

DAFTAR PUSTAKA

- Ammon, H. P. T. (2010). Modulation of the immune system by *Boswellia serrata* extracts and boswellic acids. *Phytomedicine*, 17(11), 862–867. doi: 10.1016/j.phymed.2010.03.003
- Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E. M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., ... & Stuppner, H. (2015). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. *Biotechnology Advances*, 33(8), 1582–1614. doi: 10.1016/j.biotechadv.2015.08.001
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615–8627. doi: 10.3390/ijms13078615
- Chung, K. T., Wong, T. Y., Wei, C. I., Huang, Y. W., & Lin, Y. (1998). Tannins and human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38(6), 421–464. doi: 10.1080/10408699891274273
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564–582. doi: 10.1128/CMR.12.4.564

- Efferth, T., Dunstan, H., Sauerbrey, A., Miyachi, H., & Chitambar, C. R. (2001). The anti-malarial artesunate is also active against cancer. *International Journal of Oncology*, 18(4), 767–773.
- Firn, R. D. (2010). *Nature's chemicals: The natural products that shaped our world*. Oxford University Press.
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, 3(7), 408–414. doi: 10.1038/nchembio.2007.5
- Harvey, A. L., Edrada-Ebel, R., & Quinn, R. J. (2015). The re-emergence of natural products for drug discovery in the genomics era. *Nature Reviews Drug Discovery*, 14(2), 111–129. doi: 10.1038/nrd4510
- Haslam, E. (1996). Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: Possible modes of action. *Journal of Natural Products*, 59(2), 205–215. doi: 10.1021/np960040+
- Julianto, T. S. (2019). *Fitokimia, Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrinning Fitokimia*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia
- Kaur, M., Velmurugan, B., Rajamanickam, S., Agarwal, R., & Agarwal, C. (2009). Grape seed extract inhibits in vitro and in vivo growth of human colorectal carcinoma cells. *Clinical Cancer Research*, 15(3), 700–711. doi: 10.1158/1078-0432.CCR-08-1961
- Kayser, O., Kiderlen, A. F., & Croft, S. L. (2003). Natural products as antiparasitic drugs. *Parasitology Research*, 90(Supplement 2), S55–S62. doi: 10.1007/s00436-002-0764-0
- Khan, N., & Mukhtar, H. (2007). Tea polyphenols for health promotion. *Life Sciences*, 81(7), 519–533. doi: 10.1016/j.lfs.2007.06.011

- Liu, W. Q., Liu, J., Li, P., et al. (2019). Triterpenoid derivatives as immunomodulators: A review. *Phytochemistry Letters*, 29, 157–166. doi: 10.1016/j.phytol.2018.12.004
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474. doi: 10.3390/ph6121451
- Okuda, T., Yoshida, T., & Hatano, T. (2009). Tannins of constant structure in medicinal and food plants—hydrolyzable tannins and polyphenols related to tannins. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(4), 447–469. doi: 10.1002/mnfr.200800137
- Patel, D. K., & Goyal, R. K. (2011). Cardioprotective effects of some herbal plants in hyperlipidemia-induced cardiovascular complications. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 8(1), Article 23. doi: 10.2202/1553-3840.1476
- Pradhan, S. C., & Girish, C. (2006). Hepatoprotective herbal drug, silymarin from experimental pharmacology to clinical medicine. *Indian Journal of Medical Research*, 124(5), 491–504.
- Renaud, S., & de Lorgeril, M. (1992). Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. *The Lancet*, 339(8808), 1523–1526. doi: 10.1016/0140-6736(92)91277-F
- Russo, E. B. (2011). *Taming THC*: Potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344–1364. doi: 10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x
- Sarker, S. D., & Nahar, L. (2012). *Chemistry for pharmacy students: General, organic and natural product chemistry*. John Wiley & Sons.

- Scalbert, A. (1991). Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 30(12), 3875–3883. doi: 10.1016/0031-9422(91)83426-L
- Schnitzler, P., Schuhmacher, A., Astani, A., & Reichling, J. (2010). Plant extract and essential oils with antiviral activity against herpes simplex virus type 1 and type 2. *Phytotherapy Research*, 24(5), 639–645. doi: 10.1002/ptr.2955
- Sieniawska, E., & Baj, T. (2017). Tannins: Classification and extraction methods. In *Phytochemicals – Extraction, Isolation and Identification*. InTechOpen. doi: 10.5772/66827
- Shukla, S., Gupta, S., & Rasheed, Z. (2008). Anti-inflammatory potential of pomegranate peel extract in rat model of collagen-induced arthritis. *Nutrition*, 24(7-8), 703–710. doi: 10.1016/j.nut.2008.03.011
- Subramanian, R., Asmawi, M. Z., & Sadikun, A. (2018). In vitro and in vivo anti-diabetic activity of *Andrographis paniculata* and its bioactive compounds: A review. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 129. doi: 10.3389/fphar.2018.00129
- Thoppil, R. J., & Bishayee, A. (2011). Terpenoids as potential chemopreventive and therapeutic agents in liver cancer. *World Journal of Hepatology*, 3(9), 228–249. doi: 10.4254/wjh.v3.i9.228
- Vranová, E., Coman, D., & Grussem, W. (2013). Network analysis of the MVA and MEP pathways for isoprenoid synthesis. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 665–700. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120116
- Wink, M. (2015). Modes of action of herbal medicines and plant secondary metabolites. *Medicines*, 2(3), 251–286. doi: 10.3390/medicines2030251
- Zhang, L., Zhang, J., Jiang, Q., et al. (2020). Nanoencapsulation of tannic acid for cancer therapy: Overcoming the low

bioavailability and improving anticancer activity. *Drug Delivery*, 27(1), 301–312. doi: 10.1080/10717544.2020.1716810

PROFIL PENULIS



Dwimaryam Suciati, MSc.

Penulis adalah seorang dosen dan peneliti di Jurusan Analisis Kimia Politeknik ATI Padang sejak tahun 2014. Dia mengajar kimia organik, kimia obat dan kosmetik halal, oleokimia, serta pengendalian dan jaminan mutu. Dia memperoleh gelar magister dalam bidang kimia organik dari Universitas Gadjah Mada. Penelitiannya berfokus pada pengembangan bahan alam, baik isolasi maupun sintesis, serta pemanfaatan limbah industri oleokimia.

BAB 7

ANALISIS DAN KARAKTERISASI SENYAWA BAHAN ALAM

Greesty Finotory Swandiny
Fakultas Farmasi Universitas Pancasila
E-mail: greestyfinotory@univpancasila.ac.id

A. PENDAHULUAN

Senyawa bahan alam merupakan komponen kimia yang dihasilkan secara alami oleh organisme seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Senyawa ini memainkan peranan penting dalam proses metabolisme sekunder dan memiliki fungsi ekologis, seperti pertahanan terhadap patogen, herbivora, atau sinyal komunikasi antartumbuhan. Dalam konteks farmasi dan bioteknologi, senyawa bahan alam sangat berharga karena struktur kimianya yang kompleks dan aktivitas biologisnya yang beragam (Dewick, 2009).

Terdapat dua kelompok utama senyawa bahan alam: metabolit primer dan metabolit sekunder. Metabolit primer seperti karbohidrat, protein, dan lipid penting untuk pertumbuhan dan reproduksi. Sebaliknya, metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, saponin, dan tanin memiliki nilai bioaktivitas yang tinggi dan sering menjadi fokus penelitian farmakologi. Banyak obat modern, seperti morfin, artemisinin, dan paclitaxel, berasal dari senyawa bahan alam yang telah melalui proses isolasi dan karakterisasi yang panjang dan kompleks (Sarker & Nahar, 2015).

Indonesia memiliki lebih dari 30.000 spesies tumbuhan, menjadikannya negara dengan potensi sumber daya alam yang sangat besar. Dari jumlah tersebut, lebih dari 9.600 spesies dilaporkan memiliki potensi pengobatan tradisional, namun

hanya sebagian kecil yang telah diteliti secara sistematis dan mendalam. Eksplorasi potensi hayati Indonesia masih menghadapi tantangan besar, terutama dalam hal dokumentasi, konservasi, dan standarisasi produk bahan alam (Cseke et al., 2006).

Analisis dan karakterisasi senyawa bahan alam adalah tahapan kunci dalam penelitian bahan alam yang bertujuan untuk mengidentifikasi, memurnikan, dan mengevaluasi struktur serta aktivitas biologis senyawa tersebut. Proses ini tidak hanya membutuhkan teknik laboratorium yang cermat, tetapi juga pendekatan multidisiplin yang menggabungkan kimia analitik, biokimia, bioinformatika, dan farmakologi. Analisis yang akurat dan komprehensif dapat mempercepat proses penemuan obat baru dan meningkatkan kualitas produk herbal (Harborne, 1998).

Bab ini akan membahas secara rinci tahapan-tahapan dalam analisis dan karakterisasi senyawa bahan alam, meliputi proses isolasi, uji kualitatif dan kuantitatif, teknik kromatografi dan spektroskopi, pendekatan metabolomik, hingga validasi metode analisis. Selain itu, dibahas pula studi kasus spesifik mengenai analisis flavonoid dalam daun salam sebagai ilustrasi penerapan metode analitik modern.

B. ISOLASI DAN EKSTRAKSI SENYAWA BAHAN ALAM

Isolasi dan ekstraksi senyawa bahan alam adalah tahapan krusial dalam memperoleh senyawa bioaktif dari sumber alami seperti tumbuhan, hewan, atau mikroorganisme. Proses ini bertujuan untuk memisahkan senyawa aktif dari matriks bahan alam melalui berbagai metode sehingga menghasilkan ekstrak berkualitas tinggi. Ekstraksi senyawa bahan alam digunakan secara luas dalam industri farmasi, kosmetik, pangan, dan penelitian ilmiah (Harborne, 1998). Prinsip Isolasi dan Ekstraksi

I. KESIMPULAN

Analisis dan karakterisasi senyawa bahan alam merupakan fondasi utama dalam riset berbasis produk alami. Penggunaan metode analitik yang tepat tidak hanya menentukan kualitas data, tetapi juga kelayakan senyawa untuk diaplikasikan dalam bidang farmasi, pangan, maupun kosmetik. Dengan pendekatan terpadu antara isolasi, spektroskopi, kromatografi, dan metabolomik, potensi kekayaan hayati Indonesia dapat dikembangkan secara ilmiah dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., Fabiano-Tixier, A. S., & Abert-Vian, M. (2017). Review of green food processing techniques. *Food Research International*, 99, 290–305. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.016>
- Guenther, E. (1972). *The Essential Oils*. Robert E. Krieger Publishing Company.
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. Springer.
- Houghton, P. J., & Raman, A. (1998). *Laboratory Handbook for the Fractionation of Natural Extracts*. Chapman & Hall.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2009). *Introduction to Organic Laboratory Techniques: A Microscale Approach*. Cengage Learning.
- Pourmortazavi, S. M., & Hajimirsadeghi, S. S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of Chromatography A*, 1163(1-2), 2–24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.048>
- Snyder, L. R., Kirkland, J. J., & Dolan, J. W. (2012). *Introduction to Modern Liquid Chromatography*. John Wiley & Sons.

Zhao, C., Liu, X., & Cao, Y. (2005). Microwave-assisted extraction of flavonoids from Radix Astragali. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 38(4), 564–569. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2005.01.042>.

PROFIL PENULIS



Dr. apt. Greesty Finotory Swandiny, M.Farm.

Lahir di Bukittinggi pada tanggal 17 November 1990. Beliau merupakan dosen tetap di Fakultas Farmasi Universitas Pancasila dengan spesialisasi pada bidang farmasi bahan alam dan pengembangan produk berbasis riset. Selain perannya sebagai akademisi, beliau juga aktif sebagai tenaga ahli profesional dalam berbagai institusi dan kegiatan nasional maupun internasional. Dr. Greesty merupakan anggota dari Center for Botanical and Chronic Diseases (CBCD) – Rutgers University, Amerika Serikat, serta menjabat sebagai Chief of New Product Development – Research and Development (NPD-RND) di PT Natura Nuswantara Nirmala. Di bidang pelatihan dan konsultasi, beliau berperan sebagai fasilitator di PT Aljabar Selaras dan PT Admi Training and Consulting. Beliau juga merupakan anggota aktif dari Ikatan Apoteker Indonesia (IAI), Sekretaris GP Jamu Banten, anggota International Zebrafish Society (IZFS), dan tergabung dalam kepengurusan Komite Akademik Universitas Pancasila (KAUP) Fakultas Farmasi Universitas Pancasila. Sebagai peneliti, beliau aktif dalam kegiatan riset lintas sektor dengan fokus utama pada pengembangan produk berbasis bahan alam, validasi ilmiah tanaman obat, serta kajian bioaktivitas in vitro dan in vivo. Dr. Greesty telah menghasilkan banyak publikasi ilmiah baik di jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional bereputasi dalam bidang farmasi khususnya di bidang bahan alam. Selain itu, beliau juga terdaftar sebagai anggota aktif Perhimpunan Peneliti Indonesia. Dr. Greesty telah menghasilkan 13 hak kekayaan intelektual (KI) yang mencakup paten sederhana, hak cipta formulasi, dan desain inovatif produk kosmetik dan pangan fungsional. Beliau terlibat dalam berbagai proyek Litbangjirap yang bekerja sama dengan institusi pendidikan tinggi dan lembaga riset

pemerintah, seperti BRIN, BPOM, dan perguruan tinggi mitra. Hasil riset beliau telah dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat, khususnya dalam bentuk pengembangan produk jamu modern, minuman kesehatan anti-aging, serta pelatihan berbasis evidence dalam kewirausahaan produk herbal. Atas dedikasi dan kontribusinya, beliau telah menerima berbagai penghargaan di tingkat nasional dan internasional dalam bidang riset, inovasi produk, dan pengabdian kepada masyarakat.

BAB 8

BIOAKTIVITAS DAN TOKSISITAS SENYAWA BAHAN ALAM

Zimon Pereiz

Universitas Palangka Raya, Palangka Raya

E-mail: zimonpereiz@mipa.upr.ac.id

A. PENDAHULUAN

Senyawa bahan alam telah digunakan sejak zaman dahulu sebagai sumber utama dalam pengobatan tradisional di berbagai belahan dunia. Bahan-bahan tersebut berasal dari tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, yang secara alami mengandung senyawa aktif dengan berbagai potensi farmakologis. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, penelitian modern semakin mengungkap keanekaragaman dan kekuatan senyawa bahan alam sebagai kandidat obat baru, agen antimikroba, antiinflamasi, bahkan antikanker. Oleh karena itu, pemahaman tentang sifat biologis senyawa tersebut menjadi sangat penting.

Salah satu aspek utama yang menjadi fokus dalam penelitian senyawa bahan alam adalah bioaktivitas. Bioaktivitas mengacu pada kemampuan suatu senyawa untuk memberikan efek biologis terhadap sistem biologis, baik itu terhadap sel, jaringan, maupun organisme secara keseluruhan. Efek ini dapat bersifat menguntungkan, seperti aktivitas antibakteri, antivirus, atau imunomodulator, yang berguna dalam dunia medis dan kesehatan. Uji bioaktivitas menjadi langkah awal dalam menilai potensi senyawa bahan alam sebagai agen terapi yang menjanjikan (Astuti & Widyastuti, 2016).

Namun demikian, tidak semua senyawa bahan alam aman digunakan tanpa pengujian lebih lanjut. Beberapa senyawa bisa menimbulkan efek samping bahkan bersifat racun jika

dikonsumsi dalam jumlah tertentu atau dalam kondisi tertentu. Oleh karena itu, toksisitas menjadi aspek krusial yang harus diteliti untuk menilai tingkat keamanan senyawa tersebut. Uji toksisitas bertujuan untuk mengetahui apakah suatu senyawa dapat menyebabkan kerusakan pada sel atau jaringan, serta menentukan batas aman penggunaannya (Rahmah et al., 2024).

Keseimbangan antara bioaktivitas dan toksisitas sangat menentukan kelayakan suatu senyawa bahan alam untuk dikembangkan menjadi produk kesehatan atau obat. Senyawa yang memiliki bioaktivitas tinggi tetapi juga toksisitas yang tinggi memerlukan proses modifikasi atau formulasi lanjutan agar aman digunakan. Sebaliknya, senyawa yang bioaktif dan memiliki toksisitas rendah menjadi kandidat yang ideal untuk pengembangan lebih lanjut. Dengan tingginya minat terhadap penggunaan bahan alami dalam industri farmasi, kosmetik, dan makanan fungsional, penting bagi para peneliti dan pengembang produk untuk memahami dengan baik karakteristik bioaktivitas dan toksisitas dari setiap senyawa yang diteliti. Kajian ilmiah yang komprehensif terhadap kedua aspek ini menjadi landasan penting untuk menciptakan produk yang tidak hanya efektif tetapi juga aman bagi konsumen.

Dalam lingkup kimia organik dan bahan alam, senyawa-senyawa yang berasal dari sumber alami seperti tumbuhan, mikroorganisme, dan hewan telah lama menjadi fokus utama pencarian zat aktif yang dapat digunakan sebagai obat. Kimia organik mempelajari struktur, sifat, sintesis, dan reaktivitas senyawa karbon—termasuk senyawa alami yang memiliki keanekaragaman struktur dan aktivitas biologis. Bioaktivitas senyawa bahan alam menjadi daya tarik utama karena sifatnya yang multifungsi, selektif, dan lebih ramah lingkungan dibanding senyawa sintetis. Contohnya, senyawa alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan polifenol telah terbukti memiliki

masyarakat. Secara keseluruhan, bioaktivitas dan toksisitas senyawa bahan alam harus dipahami secara bersamaan dan seimbang. Inovasi dalam bidang farmasi dan kesehatan masa depan sangat bergantung pada bagaimana para peneliti dan industri mampu menggali potensi terapeutik senyawa alami, sekaligus meminimalkan risiko toksiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, W., & Widyastuti, C. (2016). Pestisida Organik Ramah Lingkungan Pembasmi Hama Tanaman Sayur. *Rekayasa*, 14(2), 115–120.
- Ayuchecaria, N., Oksal, E., Sri Martani, N., Kartika Komara, N., & Pereiz, Z. (2024). SKRINING FITOKIMIA DAN UJI ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL DAUN HANJUANG MERAH (*Cordyline fruticose*) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 7(1), 86–94. <https://doi.org/10.36387/jifi.v7i1.1683>
- Beladona, S. U. M., Pereiz, Z., & Nugroho, W. (2023). Sosialisasi Pembuatan Sabun Padat dengan Penambahan Minyak Atsiri dari Kopi di SMAN 4 Palangka Raya Socialization on Making Solid Soap from Coffee Essential Oil in SMAN 4 Palangka Raya. *Nawasena: Journal of Community Service*, 01(01), 13–19. <https://e-journal.upr.ac.id/index.php/JCS/index>
- Hananingtyas, I. (2017). BAHAYA KONTAMINASI LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DALAM IKAN LAUT. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 38–45.
- Irawan, C., Ardiansyah, A., & Hanan, N. (2014). POTENSI HAYATI SERAT PURUN TIKUS (*ELEOCHARIS DULCIS*) DALAM PROSES ADSORPSI KANDUNGAN LOGAM BERAT MERKURI (Hg), TSS DAN COD PADA LIMBAH CAIR PERTAMBANGAN EMAS. *Konversi*,

- 3(1), 17. <https://doi.org/10.20527/k.v3i1.133>
- Kamaluddin, M. T. (2022). Peran Herbal Dalam Farmakologi Terapi. *Conferences of Medical Sciences Dies Natalis Faculty of Medicine Universitas Sriwijaya*, 4(1), 12–19. <https://doi.org/10.32539/confmednatalisunsri.v4i1.110>
- Lamakaratea, S., Banne, Y., Nahora, E. M., Wullura, A. C., & Sapiun, D. S. R. Z. (2022). Gangguan Kesehatan Akibat Merkuri Dalam Kosmetika. *Jurnal Poltekkes Kemenkes Manado*, 1(2), 505–517.
- Lingkungan, J. B., Neneng, L., Ngazizah, F. N., Oksal, E., & Pereiz, Z. (2025). *BioLink THE EFFECT OF ORGANIC BIOFERTILIZER FROM BSF LARVAE (Hermetia illucens) AND LOCAL MICROORGANISM ON THE GROWTH OF CAISIM MUSTARD PLANTS*. 11(2), 117–126. <https://doi.org/10.31289/biolink.v11i2.13289>
- Masan, L. (2021). Penyuluhan Pencegahan Stunting Pada Balita. *Jurnal Altifani Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 58–62. <https://doi.org/10.25008/altifani.v1i1.121>
- Muslim, B. (2022). Pelatihan Pembuatan Pestisida Alami Bagi Petani Padi di Sindang Barang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(6), 663–670. <https://doi.org/10.52436/1.jpmi.657>
- Nafisah, Z., Baktir, A., & Pereiz, Z. (2023). Konstruksi Pustaka Metagenom Prokariot Dari Permukaan Eucheuma Cottonii Untuk Mencari Gen Penyandi K-Karaginase. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(4), 497–507. <https://doi.org/10.59141/jist.v4i4.613>
- Nafisah, Z., Rahman, S., Pereiz, Z., & Ratna Kumalasari, M. (2023). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Edukasi Pemanfaatan Limbah Cair Tempe Menjadi Biogas di Desa Habaring Hurung. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 5(1), 24–32.

<https://doi.org/10.20885/jattec.vol5.iss1.art4>

- Oksal, E., Fatah, A. H., Pereiz, Z., Fauzi, M. Z. L., Komara, N. K., & Pangestika, I. (2025). *PELATIHAN PEMBUATAN LILIN AROMATERAPI DALAM PENINGKATAN KREATIVITAS SISWA SMAN 1 KASONGAN*. 9(2), 1575–1583.
- Pereiz, Z., Chuchita, C., Kumalasari, M. R., & Nafisah, Z. (2023). ANALISIS ASPARTAM DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VISIBLE SERTA OPTIMASI KONSENTRASI NINHIDRIN DAN APLIKASINYA UNTUK PENENTUAN KANDUNGAN DALAM MINUMAN ENERGI Zimon. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(4), 508–525.
- Pereiz, Z., Oksal, E., Sylvani, M. M., & Irawan, A. (2025). *The Potential of Ironwood as an Activated Carbon Adsorbent for Heavy Metal Mercury (Hg) using the Pyrolysis Method Potensi Kayu Ulin Sebagai Adsorben Karbon Aktif Untuk Logam Berat Merkuri (Hg) Menggunakan Metode Pirolisis*. 19(1), 25–36.
- Pereiz, Z., Sudyana, I. N., Oksal, E., & Sylvani, M. M. (2024). *Pelatihan Pembuatan Dodol dari Terong Ungu (Solanum melongena) pada Kelompok Tani Kelurahan Habaring Hurung*. 6, 739–746.
- Rahmah, A., Pitaloka, A. I., Lugita, F., Tantri, L. F., Ferisa, M. E., Apriliani, S. E., & Khoirunisa, S. N. (2024). Analisis Dampak Pencemaran Kimia Pada Kualitas Air Sungai dan Ekosistem. *Jurnal Majemukemuk*, 3(2), 219–233. <https://jurnalilmiah.org/journal/index.php/majemuk/article/view/675/491>
- Ratna Kumalasari, M., Pereiz, Z., & Chuchita, C. (2023). Pengaruh pH Agen Pereduksi Serin Terhadap Sintesis Nanopartikel Emas. *COMSERVA Indonesian Journal of Community Services and Development*, 2(12), 2912–2918.

<https://doi.org/10.59141/comserva.v2i12.727>

- Segah, H., Oksal, E., Pereiz, Z., & Supriyati, W. (2024). *PENGUJIAN KUALITAS ARANG DARI SERBUK ULIN DENGAN 2 METODE PENGERINGAN*. 42(2).
- Suluh, D. G., Telan, A. B., & Sadukh, J. J. P. (2021). Analisa Faktor yang Mempengaruhi Kandungan Pestisida pada Hasil Pertanian di Wilayah Kabupaten Kupang Tahun 2019. *Oehonis: The Journal of Environmental Health Reseach*, 4(2), 01–10.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.

PROFIL PENULIS



Zimon Pereiz

Penulis merupakan dosen kimia di Universitas Palangka Raya, dengan bidang keahlian Kimia Fisika. Lahir di kota Surakarta pada 22 Juli 1991 dan dibesarkan di kota D.I. Yogyakarta. Riwayat Pendidikan baik Tingkat S-1 (Angkatan 2009) maupun S-2 (Angkatan 2016) di kampus Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan program studi Kimia. Judul skripsi : “Optimasi Konsentrasi Ninhidrin dalam Analisis Aspartam secara Spektrofotometri UV-Visible dan Aplikasinya untuk Analisis Minuman Energi”. Judul tesis : “Adsorben Core Shell Magnetik $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ Termodifikasi CTAB dengan Abu Vulkanik sebagai Sumber Silika untuk Adsorpsi Anion Permanganat” Dosen pembimbing skripsi dan tesis : Prof. Dr. Endang Tri Wahyuni, MS dan Dr.rer.nat Nurul Hidayat Aprilita, S.Si., M.Si.

BAB 9

DESAIN DAN PENGEMBANGAN OBAT BERBASIS BAHAN ALAM

Benni Iskandar
Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Riau (STIFAR Riau), Pekanbaru
E-mail: benniiskandar@stifar-riau.ac.id

A. PENDAHULUAN

Obat berbasis bahan alam telah memainkan peran penting dalam dunia kesehatan sejak zaman kuno. Berbagai jenis tanaman, mikroorganisme dan sumber alam lainnya telah digunakan sebagai terapi tradisional untuk mengatasi berbagai penyakit. Hingga saat ini, lebih dari 50% obat-obatan modern yang beredar di pasaran berasal dari atau terinspirasi oleh bahan alam, seperti antibiotik penicillin yang diisolasi dari mikroorganisme dan obat antikanker paclitaxel dari kulit pohon *Taxus brevifolia*. Fakta ini menunjukkan betapa kayanya potensi bahan alam sebagai sumber inspirasi dalam penemuan dan pengembangan obat baru, khususnya untuk terapi penyakit yang kompleks atau yang resistan terhadap penggunaan pengobatan konvensional (Obat et al., 2023; Rachmania, 2019).

Negara tropis seperti Indonesia memiliki keunggulan besar dalam bidang ini karena kekayaan biodiversitasnya. Dengan lebih dari 30.000 spesies tanaman, Indonesia menjadi salah satu negara dengan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Hal ini menjadikannya gudang potensial untuk penemuan senyawa bioaktif baru yang dapat dikembangkan menjadi obat. Tidak hanya dari tumbuhan, sumber daya laut yang melimpah juga menawarkan peluang besar untuk eksplorasi senyawa aktif unik dari organisme laut seperti spons, alga dan bakteri laut. Pemanfaatan

keanekaragaman hayati ini secara bijaksana tidak hanya mendukung inovasi di bidang farmasi tetapi juga tentunya berkontribusi pada upaya pelestarian sumber daya alam yang berkelanjutan (Nugroho, 2017).

Namun untuk dapat memanfaatkan bahan alam secara optimal, diperlukan pendekatan ilmiah yang terintegrasi dalam proses desain dan pengembangan obat modern. Proses ini mencakup beberapa tahapan penting, seperti identifikasi senyawa aktif, evaluasi aktivitas biologisnya terhadap target tertentu dan optimasi struktur senyawa untuk meningkatkan efikasi serta menekan potensi efek samping. Selain itu, penting pula untuk memastikan bahwa senyawa tersebut memenuhi standar keamanan yang ketat sebelum dikembangkan lebih lanjut menjadi obat yang dapat digunakan secara klinis. Dengan pendekatan ini, bahan alam memiliki peluang besar untuk terus menjadi sumber inovasi dalam menghadapi tantangan kesehatan global, termasuk resistensi obat dan kebutuhan akan terapi baru untuk suatu keadaan penyakit (Yulion et al., 2022).

Obat berbasis bahan alam telah menjadi bagian integral dari sejarah peradaban manusia, digunakan sebagai solusi pengobatan untuk berbagai penyakit sejak ribuan tahun yang lalu. Berbagai ramuan tradisional yang berasal dari tanaman, hewan dan mineral telah menjadi dasar terapi di banyak kebudayaan, mulai dari pengobatan tradisional Tiongkok hingga jamu di Indonesia. Saat ini, bahan alam tetap memainkan peran penting dalam dunia farmasi modern. Lebih dari 50% obat-obatan yang tersedia secara komersial berasal dari atau terinspirasi oleh senyawa alami, seperti artemisinin untuk malaria, statin untuk menurunkan kolesterol dan doxorubicin sebagai agen antikanker. Hal ini mencerminkan potensi besar bahan alam sebagai sumber penemuan obat baru yang berkontribusi terhadap kemajuan ilmu kedokteran (Dewoto, 2007; Rachmania, 2019; Yulion et al., 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. R., Amaliah, A., Abidin, Z., Razak, R., & Malik, A. (2024). *PENGEMBANGAN OBAT BAHAN ALAM (ESSENTIAL OIL)*. Nas Media Pustaka.
- Atun, S. (2014). Metode isolasi dan identifikasi struktural senyawa organik bahan alam. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 8(2), 53-61.
- Curtis, M. J. (2024). New drug discovery and development from natural products. *Pharmacology & Therapeutics*, 263, 108733.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2024.108733>
- Dewoto, H. R. (2007). Pengembangan obat tradisional Indonesia menjadi fitofarmaka. *Majalah kedokteran indonesia*, 57(7), 205-211.
- Dona, R., Frimayanti, N., Ikhtiarudin, I., Iskandar, B., Maulana, F., & Silalahi, N. T. (2019). Studi In Silico, Sintesis, dan Uji Sitotoksik Senyawa P-Metoksi Kalkon terhadap Sel Kanker Payudara MCF-7. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 6(3), 243-249. <https://doi.org/10.25077/jsfk.6.3.243-249.2019>
- Guo, F.-W., Zhang, Q., Gu, Y.-C., & Shao, C.-L. (2023). Sulfur-containing marine natural products as leads for drug discovery and development. *Current Opinion in Chemical Biology*, 75, 102330.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2023.102330>
- Hakim, Z. R., Djamil, R., Yantih, N., Sanasih, O., & Iskandar, B. (2023). Potential of The Tyrosinase Enzyme Inhibition by Standardized Ethanol Extract And Ethyl Acetate Fraction of Bengkoang Peel (*Pachyrhizus erosus* L.). *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*(1), 145-152%V 121.
<https://doi.org/10.35814/jifi.v21i1.1397>

- Lai, G., He, L., Lin, J., Guo, A., Que, Q., Che, J., Guan, X., Xiang, J., & Lai, C. (2024). Whole-pathway stimulation of anthocyanin biosynthesis by UDP-glucose: Flavonoid glycosyltransferase gene (UFGT) providing new insights into natural product development based on plant cell factory. *Food Bioscience*, 62, 105409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105409>
- Liu, T.-W., Iskandar, B., Chu, M.-H., Wang, Y.-H., Huang, T.-A., Hsu, S.-J., Hsieh, Y. S. Y., & Lee, C.-K. (2025). Dynamic changes in the metabolome and microbiome during Citrus depressa Hayata liquid fermentation. *Food Chemistry*, 463, 141225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141225>
- Nugroho, A. W. (2017). Konservasi Keanekaragaman Hayati Melalui Tanaman Obat Dalam Hutan Di Indonesia Dengan Teknologi Farmasi: Potensi Dan Tantangan. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(7), 377-383.
- Obat, B. P., Indonesia, M. R., & Pertama, C. (2023). Pedoman Penyiapan Bahan Baku Obat Bahan Alam Berbasis Ekstrak/Fraksi. *Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia*.
- Rachmania, R. A. (2019). Validasi Protokol Skrining Virtual dan Analisis Interaksi Inhibitor Antiproliferasi Sel Kanker Berbasis Bahan Alam terhadap Reseptor Cyclin-Dependent Kinase 4 (CDK 4). *Media Farmasi*, 16(1), 21-40.
- Ramadan, D., & Mun'im, A. (2017). Pemanfaatan nanoteknologi dalam sistem penghantaran obat baru untuk produk bahan alam. *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*, 14(2), 118-127.
- Suliasih, B. A., & Mun'im, A. (2022). Potensi dan Masalah dalam Pengembangan Kemandirian Bahan Baku Obat

- Tradisional di Indonesia. *Chemistry and Materials*, 1(1), 28-33.
- Tabajara de Oliveira Martins, D., Rodrigues, E., Casu, L., Benítez, G., & Leonti, M. (2019). The historical development of pharmacopoeias and the inclusion of exotic herbal drugs with a focus on Europe and Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 240, 111891. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111891>
- Wang, Y., Wang, F., Liu, W., Geng, Y., Shi, Y., Tian, Y., Zhang, B., Luo, Y., & Sun, X. (2024). New drug discovery and development from natural products: Advances and strategies. *Pharmacology & Therapeutics*, 264, 108752. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2024.108752>
- Wasito, H. (2008). Meningkatkan peran perguruan tinggi melalui pengembangan obat tradisional. *MIMBAR: Jurnal Sosial dan Pembangunan*, 24(2), 117-128.
- Yulion, R., Manik, F., & Ulandri, K. R. (2022). Edukasi Penggunaan Obat Konvensional Dan Obat Tradisional Berbasis Kearifan Lokal Di Desa Terusan Kecamatan Maro Sebo Ilir Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *Jurnal Inovasi Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat*, 2(2), 217-224.
- Yuslianti, E. R., Bachtiar, B. M., Suniarti, D. F., & Sutjiatmo, A. B. (2016). Natural products pharmaceutical standardization towards phytopharmaca for indonesian traditional medicine development: standardisasi farmasitikal bahan alam menuju fitofarmaka untuk pengembangan obat tradisional indonesia. *Dentika: Dental Journal*, 19(2), 179-185.
- Zhang, J., Pang, H., Tang, H., Tu, Q., Xia, F., Zhang, H., Meng, Y., Han, G., Wang, J., & Qiu, C. (2025). The pharmacodynamic and pharmacological mechanisms underlying nanovesicles of natural products: Developments

and challenges. *Pharmacology & Therapeutics*, 265, 108754.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2024.108754>

PROFIL PENULIS



Benni Iskandar Apt., S.Farm., M.Si., Ph.D

Lahir di Pekanbaru, pada tanggal 11 Oktober 1989. Ia tercatat sebagai lulusan Magister farmasi Universitas Sumatera Utara (USU) dan menyelesaikan studi S3 farmasi di School of Pharmacy Taipei Medical University (TMU) Taiwan Pada Juli 2024. Anak ke-3 dari Bapak H. Jarjani dan Ibu Hj. Nur'aini Tuti dan suami dari dr. Fitri Renovita. Beliau juga tercatat telah berhasil menerbitkan lebih dari 16 artikel di jurnal internasional bereputasi (Scopus dan WOS), lebih dari 34 artikel di jurnal nasional terindeks SINTA dan memiliki perolehan nilai H-Index 10 pada Desember 2024 di *Google Scholar Indexed* dan *H-index* 5 di *Scopus*. Serta telah menghasilkan beberapa buku ber-ISBN dan tercatat aktif mengajar di salah satu perguruan tinggi farmasi di Provinsi Riau.

BAB 10

FARMAKOKINETIKA DAN FARMAKODINAMIKA DALAM PENGEMBANGAN OBAT

Abdul Rahim
Universitas Mulawarman, Kota Samarinda
E-mail: abdulrahim@farmasi.unmul.ac.id

A. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu kefarmasian dan biomedis dalam beberapa dekade terakhir telah mengalami kemajuan yang signifikan, terutama dalam konteks penemuan dan pengembangan obat. Salah satu komponen kunci yang menentukan keberhasilan suatu senyawa menjadi kandidat obat adalah pemahaman yang mendalam terhadap dua aspek penting dalam ilmu farmasi, yaitu farmakokinetika (PK) dan farmakodinamika (PD). Kedua disiplin ilmu ini merupakan pilar utama dalam menjelaskan hubungan antara dosis obat yang diberikan dengan respons terapeutik dan toksik yang dihasilkan. Farmakokinetika mengkaji bagaimana tubuh mempengaruhi obat melalui proses absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi (ADME), sementara farmakodinamika menjelaskan bagaimana obat mempengaruhi tubuh, meliputi interaksi dengan reseptor target, efek fisiologis, serta hubungan antara konsentrasi obat dengan efek yang ditimbulkan. Hubungan timbal balik antara PK dan PD ini sangat penting dalam memandu setiap tahap pengembangan obat, dari fase pra-klinik, uji klinis, hingga penetapan regimen dosis untuk penggunaan klinis.

Dalam praktiknya, banyak kandidat obat gagal pada tahap uji klinis karena tidak memiliki profil PK atau PD yang memadai, atau karena adanya interaksi yang tidak diinginkan

antara kedua aspek tersebut. Oleh karena itu, sejak tahap awal penelitian, pendekatan berbasis PK/PD sudah mulai diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengembangan obat. Pendekatan ini tidak hanya mempercepat proses validasi senyawa obat baru, tetapi juga membantu mengurangi risiko efek samping, mengoptimalkan dosis, dan memaksimalkan efikasi klinis.

Lebih lanjut, PK dan PD tidak dapat dipisahkan dari konsep individualisasi terapi atau *personalized medicine*, yang saat ini menjadi tren utama dalam pengobatan modern. Variabilitas antarindividu seperti usia, genetik, jenis kelamin, status gizi, dan penyakit penyerta sangat memengaruhi parameter PK dan respons PD. Oleh karena itu, integrasi antara data farmakokinetika, farmakodinamika, dan farmakogenomik menjadi penting untuk menyusun strategi terapi yang lebih akurat dan berkelanjutan.

Dalam konteks regulasi, lembaga seperti FDA (*Food and Drug Administration*) dan EMA (*European Medicines Agency*) juga mewajibkan data farmakokinetika dan farmakodinamika yang komprehensif sebagai bagian dari dokumen pendukung sebelum suatu obat dapat memperoleh izin edar. Bahkan, parameter PK/PD juga digunakan dalam pengembangan obat generik untuk menilai bioekuivalensi dan bioavailabilitas terhadap produk obat asli.

Bab ilmiah ini bertujuan untuk menyajikan pembahasan yang sistematis dan terstruktur mengenai konsep dasar dan aplikasi farmakokinetika serta farmakodinamika dalam proses pengembangan obat. Dengan pendekatan berbasis literatur ilmiah dan kasus klinis yang relevan, diharapkan pembaca baik dari kalangan akademisi, praktisi, industri farmasi, maupun mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih dalam dan praktis mengenai peran PK dan PD dalam dunia farmasi modern. Pemahaman ini akan menjadi fondasi penting untuk

pengembangan obat yang lebih efektif, aman, dan sesuai dengan kebutuhan individu pasien.

Integrasi farmakokinetika dan farmakodinamika dalam desain obat memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk menghasilkan obat yang lebih efektif, aman, dan efisien. Dengan bantuan model PK/PD, pengembangan obat menjadi lebih rasional dan prediktif, mempercepat transisi dari laboratorium ke klinik, dan mendukung munculnya terapi yang disesuaikan secara individual. Pendekatan ini kini menjadi standar emas dalam industri farmasi dan riset pengobatan modern. PK/PD telah berevolusi dari pendekatan sederhana menjadi ilmu multidisiplin berbasis data dan teknologi tinggi. Meskipun dihadapkan pada berbagai tantangan seperti variabilitas individu, kompleksitas model namun masa depan PK/PD terletak pada kemampuan untuk mengintegrasikan data klinis, biologis, dan teknologi ke dalam pendekatan pengobatan yang benar-benar individual.

DAFTAR PUSTAKA

- Brunton, L. L., Hilal-Dandan, R., & Knollmann, B. C. (2018).
*Goodman & Gilman's: The Pharmacological Basis of
Therapeutics* (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Katzung, B. G. (2018). *Basic and Clinical Pharmacology*
(14th ed.). McGraw-Hill Education.
- Rang, H. P., Dale, M. M., Ritter, J. M., Flower, R. J., &
Henderson, G. (2016). *Rang and Dale's Pharmacology*
(8th ed.). Elsevier.

PROFIL PENULIS



Abdul Rahim

Penulis merupakan sosok cendekiawan muslim yang mengamalkan keilmuannya di bidang Farmasi khususnya teknologi herbal dan kewirausahaan herbal. Selain aktif mengajar, ia juga aktif melakukan penelitian yang juga berkaitan dengan keilmuannya. Saat ini ia tercatat sebagai Dosen Tetap Fakultas Farmasi di Universitas Mulawarman Samarinda Kalimantan

Timur. Beberapa karya beliau telah dihasilkan antara lain, Buku Ajar Farmasi Fisik, Buku Dasar Ilmu Farmasi, Buku Teknologi sediaan Solid, Buku Farmasetika Dasar, Buku Obat Tradisional dan masih banyak lagi. Selain itu, beberapa hak paten atau Hak cipta telah dimiliki baik dari buku maupun modul yang ditulis.

BAB 11

NANOTEKNOLOGI DALAM FORMULASI OBAT

Lailatul Badriyah
Akademi Farmasi Kusuma Husada Purwokerto, Purwokerto
E-mail: lailatul@kusumahusada.ac.id

A. PENDAHULUAN

Perkembangan kesehatan terutama dalam pengobatan telah berkembang pesat. Pengobatan penyakit akan berangsur-angsur sembuh apabila pengobatan dilakukan secara tepat. Ketepatan dalam pengobatan meliputi pemilihan senyawa aktif pada suatu obat yang berfungsi sebagai mencegah, mengobati, dan mengatasi permasalahan gangguan kesehatan. Dewasa ini masyarakat lebih diarahkan dalam penggunaan obat herbal. Hal ini dikarenakan banyak masyarakat yang meyakini pemanfaatan dari alam lebih aman. Dengan adanya bahan alam yang tersedia dan diketahui khasiatnya, maka penemu-penemu membuat obat herbal dalam berbagai sediaan dan teknologinya.

Teknologi yang berkembang luas saat ini dikenal luas dengan ukuran sangat kecil, disebut sebagai nanoteknologi. Nanoteknologi dalam bidang kesehatan misalnya kedokteran dan farmasi. Dalam bidang kedokteran, peran nanoteknologi memiliki andil dalam pengembangan alat diagnostik lebih sensitif dan alat terapi kanker agar tepat sasaran kelebihan dibandingkan terapi konvensional. Nanoteknologi dalam bidang farmasi dikenal sebagai *nanomedicine*. *Nanomedicine* memiliki kemampuan yang lebih unggul dibandingkan pada material berukuran makro ataupun mikro. Melalui nanoteknologi, *nanomedicine* memiliki efektivitas lebih dalam kinerja obat, yaitu dalam pelepasan senyawa aktif serta modifikasinya.

Nanomedicine yang dalam pemanfaatannya menggunakan bahan-bahan alami disebut sebagai nanoherbal. Formulasi nanoherbal dalam bidang farmasi dapat meningkatkan kemanjuran dalam mobilitas agen terapeutik melalui teknologi dan kekayaan senyawa aktif dalam material herbal. Formulasi nanoherbal dapat melengkapi kekurangan dari nanomedicine konvensional, yaitu bioavailabilitas rendah dan ketidakstabilan material (Srivastava & Panday, 2017). Melalui tanaman disekitar rumah yang memiliki khasiat bagi kesehatan. Meskipun banyak masyarakat yang menggunakan obat herbal, dalam aplikasinya perlu dikaji lagi tentang kandungan-kandungan senyawa kimianya jika dalam bentuk sediaan herbal.

B. NANOTEKNOLOGI

Nanoteknologi merupakan suatu teknologi yang diterapkan untuk menghasilkan material berukuran nano dalam skala 1-100 nanometer. Perbedaan ukuran pada suatu material, mempengaruhi sifat fisik dan kimianya dibandingkan pada material yang berukuran makro maupun mikro. Material dalam skala nanometer akan menunjukkan sifat tak terlihat dibandingkan skala besarnya. Contoh dalam partikel emas jika skala makro secara fisik berwarna kuning keemasan, sedangkan skala nano cenderung memiliki warna lain, seperti merah, merah muda, dan ungu. Warna suatu material nano pada emas tergantung pada perubahan pada interaksi elektronnya. Perubahan sifat kimiawi ini terjadi karena adanya efek kuantum. nanoteknologi memungkinkan manipulasi atom dan molekul secara presisi, sehingga dapat digunakan untuk menciptakan material baru, perangkat elektronik, bidang kesehatan, energi, dan lingkungan yang lebih efisien dan inovatif (Rao & Sood, 2022).

Pengembangan nanoteknologi membuka peluang besar dalam bidang kedokteran, seperti pengembangan obat yang

(Anastasya *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas antijerawat nano ekstrak temulawak lebih baik daripada ekstrak temulawak.

E. KESIMPULAN

Nanoteknologi dalam bidang kesehatan terutama farmasi berpengaruh terhadap aktivitas biologis dan farmakokinetiknya. Formulasi dari nanopartikel yang dihasilkan tergantung dari metode yang digunakan dan modifikasi alat bahan yang digunakan. Metode dalam mempersiapkan nanopartikel perlu dipertimbangkan pelarut-pelarut yang digunakan agar minim limbah yang kurang ramah lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasya, D. R., & Budiati, A. (2020). Formulation and Activity of Gel Containing Nanoparticles of Javanese Turmeric Extract as Antiacne. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. 18(1), 118-122.
- Annisa, R., Lestari, R. I., Aqila, S. S., Fanany, C. T., Fitrianiingsih, A. A., Rachmawati, E., ... & Mutiah, R. (2025). Optimization and characterization of dayak onion (*Eleutherine palmifolia* (L.) merr) extract nanoparticles using cross-link method. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 9(2), 480-486.
- Badriyah, L., Ifandi, S., & Alfiza, I. S. (2023). Analisis kualitatif fitokimia pada rimpang lengkuas putih (*Alpinia galanga* L.) sebagai antibakteri *Klebsiella pneumonia*. *Journal of Herbal, Clinical and Pharmaceutical Science (HERCLIPS)*, 4(02), 11-17.
- Bose, S., Du, Y., Takhistov, P., & Michniak-Kohn, B. (2013). Formulation optimization and topical delivery of quercetin

- from solid lipid based nanosystems. *International journal of Pharmaceutics*, 441(1-2), 56-66.
- Cahyani, A., Anggraini, D. I., Soleha, T. U., & Tjiptaningrum, A. (2020). Uji efektivitas antibakteri ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma domestica* Val.) terhadap pertumbuhan *Propionibacterium acnes* In Vitro. *Jurnal kesehatan*, 11(3), 414-421.
- Essa, D., Kondiah, P. P., Choonara, Y. E., & Pillay, V. (2020). The design of poly (lactide-co-glycolide) nanocarriers for medical applications. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 8, 48.
- Fadilah, N., & Hendra, R. (2024). Analisis UV-Vis pada Nanopartikel Perak Disintesis Secara Biogenik. *Nano Sains Indonesia*, 11(1), 12–18.
- Srivastava, S., & Pandey, A. (2017). Applications of Nano-based Novel Drug Delivery Systems in Herbal Medicine-Mediated Cancer Therapy. *Anticancer Plants: Clinical Trials and Nanotechnology: Volume 3*, 181-201.
- Galil, M. S. A., Al-qubati, M., Mohammed, S. O., Numan, A., Saeed, A. A. R., & Saif, E. A. A. (2025). Effect of single and combined (core/shell) biosynthesis of nanoparticles (Ag and ZnO) on their photocatalytic and antimicrobial activities. *Kuwait Journal of Science*, 52(2), 100356.
- Ghasemi, M., Govahi, M., & Litkahi, H. R. (2025). Green synthesis of silver nanoparticles (AgNPs) and chitosan-coated silver nanoparticles (CS-AgNPs) using *Ferula gummosa* Boiss. gum extract: A green nano drug for potential applications in medicine. *International Journal of Biological Macromolecules*, 291, 138619.
- Handayani, R., Sari, D. N., & Hidayat, M. (2022). Analisis Gugus Fungsi Nanopartikel dengan FTIR pada Sintesis Hijau. *Jurnal Kimia dan Nanoteknologi*, 10(1), 45–52.

- Jaiswal, J. K., & Simon, S. M. (2004). Potentials and pitfalls of fluorescent quantum dots for biological imaging. *Trends in cell biology*, 14(9), 497-504.
- Jung, J., & Perrut, M. (2001). Particle design using supercritical fluids: literature and patent survey. *The Journal of supercritical fluids*, 20(3), 179-219.
- Knieke, C., Rawtani, A., & Davé, R. N. (2014). Concentrated fenofibrate nanoparticle suspensions from melt emulsification for enhanced drug dissolution. *Chemical Engineering & Technology*, 37(1), 157-167.
- Kumari, P., Sharma, A., Yadav, S. K. (2022). Nanogels as smart carriers for drug delivery: Recent advances and future perspectives. *Materials Science and Engineering: C*, 134, 112673.
- Kumowal, S., Fatimawali, F., & Jayanto, I. (2019). Uji aktivitas antibakteri nanopartikel ekstrak lengkuas putih (*Alpinia galanga* (L.) Willd) terhadap bakteri *Klebsiella pneumoniae*. *Pharmacon*, 8(4), 781-790.
- Kusuma, A. F., Ahmad, R., & Yusuf, R. (2022). Karakterisasi TEM untuk Nanopartikel Logam Mulia. *NanoTech Indonesia*, 8(2), 89–96.
- Lee, J., Kim, S., & Park, H. (2023). Advances in nanotechnology for biomedical applications: Challenges and future perspectives. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 23(2), 123-135.
- Lestari, N., Fitriani, D., & Setiawan, A. (2022). FTIR Spectroscopy for Functional Group Identification on Nanoparticles. *Chemical Research Journal*, 11(4), 76–84.
- Maulana, R., & Dewi, S. (2023). Karakterisasi Luas Permukaan BET pada Karbon Nano Berpori. *Jurnal Energi Nano*, 4(2), 56–64.
- Mohanraj, VJ., dan Y. Chen. (2006). Nanoparticles – A Review. *Trop J Pharl Res*, 5 (1): 561-573.

- Muchlisin, M. A., Firdausiyah, W., Astuti, E. J., & Rafikayanti, A. (2022). Prediksi Bioavailabilitas dan Interaksi Senyawa Metabolit Sekunder Buah Plum (*Prunus domestica*) terhadap HMG-CoA Reduktase secara In Silico. *Journal of Pharmacopolium*, 5(1), 1-8.
- Nopitasari, D., Fachriyah, E., & Wibawa, P. J. (2017). Triterpenoid dan Nanopartikel Ekstrak n-Heksana dari Rimpang Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum) Serta Uji Sitotoksitas dengan BSLT. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(3), 117-122.
- Noviendri, D. (2014). Microencapsulation of Fucoxanthin by Water-in-Oil-in-Water (W/O/W) Double Emulsion Solvent Evaporation Method: A Review. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 9(3), 137-150.
- Pal Sovan Lal, Utpal Jana PK, Manna GP, Mohanta Manavalan R (2011) Nanoparticle: an overview of preparation and characterization. *J Appl Pharma Sci* 1(6):228–234
- Pardi, N., Hogan, M. J., Porter, F. W., & Weissman, D. (2022). mRNA vaccines — a new era in vaccinology. *Nature Reviews Drug Discovery*, 21(4), 261–279.
- Pattnaik, M., & Mishra, H. N. (2023). Effect of Ultrasonication and wall materials on the stability, rheology, and encapsulation efficiency of vitamins in a lipid-based double emulsion template. *Journal of Food Process Engineering*, 46(6), 14201.
- Paulo, F., Paula, V., Estevinho, L. M., & Santos, L. (2021). Propolis microencapsulation by double emulsion solvent evaporation approach: Comparison of different polymeric matrices and extract to polymer ratio. *Food and bioproducts processing*, 127, 408-425.

- Plucinski, A., Lyu, Z., & Schmidt, B. V. (2021). Polysaccharide nanoparticles: from fabrication to applications. *Journal of Materials Chemistry B*, 9(35), 7030-7062.
- Putri, N. D., Wulandari, L., & Pratama, R. (2023). *Peran Karakterisasi Nanomaterial dalam Aplikasi Katalisis*. Jurnal Teknologi Nano, 9(3), 101–109.
- Rahmawati, T., & Syahputra, I. (2023). Identifikasi Struktur Kristal dengan XRD pada Nanopartikel ZnO. *Jurnal Material Fungsional*, 5(1), 22–30.
- Ramadan, D., & Mun'im, A. (2017). Pemanfaatan nanoteknologi dalam sistem penghantaran obat baru untuk produk bahan alam. *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*, 14(2), 118-127.
- Rao, C. N. R., & Sood, A. K. (2022). Nanotechnology: Principles and Applications. *Nano Today*, 37, 101-124.
- Sari, I. & Nugroho, B. (2023). Optical Characterization of Gold Nanoparticles using UV-Vis Spectroscopy. *NanoOptics Journal*, 5(2), 89–97.
- Singh, R. P., Handa, R., dan Manchanda, G. (2021). Review article: Nanoparticles in sustainable agriculture: An emerging opportunity. *Journal of Controlled Release*. 329: 1234-1248.
- Soppimath, K. S., Kulkarni, A. R., & Aminabhavi, T. M. (2001). Encapsulation of antihypertensive drugs in cellulose-based matrix microspheres: characterization and release kinetics of microspheres and tableted microspheres. *Journal of microencapsulation*, 18(3), 397-409.
- Velasco-Rodríguez, L. C., Esperón-Rojas, A. A., Cano-Sarmiento, C., Rascón-Díaz, M. P., & García, H. S. (2024). Kinetic stability and bioavailability of curcumin nanoemulsions stabilized with krill oil phospholipids. *Food Bioscience*, 62, 105200.

- Yuliana, T., & Nugroho, A. P. (2024). *Aplikasi SEM dan EDX dalam Karakterisasi Nanopartikel*. Indonesian Journal of Advanced Materials, 7(2), 73–81.
- Zhang, W., Wei, L., Ma, Z., Fan, Q., & Ma, J. (2021). Advances in waterborne polymer/carbon material composites for electromagnetic interference shielding. *Carbon*, 177, 412-426.
- Zhang, Y., Wang, L., Wang, X. (2024). Stimuli-responsive nanogels for targeted drug delivery and controlled release. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 200, 114017.

PROFIL PENULIS



Lailatul Badriyah

Perempuan bernama lengkap Lailatul Badriyah lahir pada 06 Oktober 1988 di Pati, Jawa Tengah. Ia alumnus sarjana UNNES jurusan Kimia dan pascasarjana UGM jurusan Kimia. Setelah lulus ia mengabdikan ilmunya menjadi seorang dosen dari tahun 2014 hingga sekarang (2025) Saat ini mengajar di prodi Diploma III Farmasi, Akademi Farmasi Kusuma Husada Purwokerto. Selain itu, Beliau juga mengajar sebagai tutor di Universitas Terbuka dari tahun 2019 hingga sekarang (2025). Berbagai jurnal penelitian telah diterbitkan terutama dalam bidang keilmuan kimia. Telah mendapatkan hibah penelitian dari RISTEKDIKTI selama 4 kali dalam keilmuan kimia dan berbagai HaKI tentang formulasi sediaan farmasi dengan memanfaatkan bahan alam telah diraih. Hingga saat ini, beliau aktif dalam kegiatan Tridharma Perguruan tinggi serta publikasi hasil penelitiannya.

BAB 12

BIOTEKNOLOGI DALAM PENGEMBANGAN OBAT

Baiq Maylinda Gemantari
Universitas Hamzanwadi, Lombok Timur
E-mail: gemantaribm@hamzanwadi.ac.id

A. PENDAHULUAN

Penggunaan obat pada awalnya diinisiasi dari penggunaan beragam jenis sumber daya yang pada prakteknya dipercayai memiliki khasiat untuk menyembuhkan penyakit. Sumber daya yang dimanfaatkan dalam hal ini berupa tumbuhan maupun spesimen makhluk hidup baik dari darat maupun lautan. Seiring dengan berkembangnya kehidupan dan pengetahuan manusia, pengobatan dan penggunaan sumber bahan obat juga mengalami perkembangan. Perkembangan teknologi menjadi salah satu pemicu berkembangnya eksplorasi penemuan dan pengembangan senyawa serta sediaan obat.

Bioteknologi merupakan salah satu jenis teknologi yang dimanfaatkan dalam dunia kesehatan termasuk pengobatan. Bioteknologi diartikan sebagai sebuah aplikasi teknologi yang memanfaatkan organisme hidup maupun produk yang dihasilkan oleh organisme hidup untuk memperoleh kegunaan dalam hal memodifikasi maupun meningkatkan derajat kesehatan manusia dan lingkungan (Verma et al., 2011). Secara prinsip, bioteknologi telah diterapkan dalam kehidupan sehari-hari bahkan di awal peradaban. Proses pembuatan roti dan teknik fermentasi untuk membuat produk makanan seperti keju sebagai produk olahan susu merupakan contoh aplikasi bioteknologi yang hingga kini diturunkan dari generasi ke generasi.

Dalam bidang farmasi berdasarkan teknik dan metode aplikasinya, bioteknologi diklasifikasikan menjadi 2 era yakni

bioteknologi tradisional dan bioteknologi modern. Era bioteknologi tradisional terjadi sebelum tahun 1970. Era ini dicirikan dengan pemanfaatan proses sederhana untuk menghasilkan produk yaitu melalui proses fermentasi. Selain itu, praktek bioteknologi pada era tradisional ini dilakukan dengan menggunakan langsung sumber bahan biologis dari organisme hidup untuk dapat langsung dimanfaatkan. Hal ini dipraktekkan pada 1928 ketika Alexander Fleming menemukan penicillin dari kultur kapang yang selanjutnya sejak saat itu dikembangkan melalui upaya kultur dalam skala besar pada media cair (Steinberg & Raso, 1998).

Tonggak bioteknologi modern dimulai setelah tahun 1970 yakni dengan berhasilnya ditemukan proses aplikasi DNA rekombinan oleh Stanley Cohen dan Herbert Boyer pada 1973. Aplikasi tersebut berupa penggunaan enzim restriksi dan enzim ligase dari spesies bakteri untuk memotong dan menyambungkan kembali DNA dari spesies bakteri lain. Satu tahun sebelumnya, Paul Berg menginisiasi pengembangan teknologi DNA rekombinan yang berfokus pada rekombinasi DNA secara biokimia yang berasal dari dua organisme yang berbeda (National Human Genome Research Institute, 2013; Science History Institute, 2005; Yi & Mertz, 2024). Teknologi tersebut terus berkembang hingga pada 1982, diperkenalkan insulin sebagai produk DNA rekombinan manusia pertama yang diekspresikan pada bakteri *Eschericia coli* (Quianzon & Cheikh, 2012).

Penemuan teknologi DNA rekombinan tidak terlepas dari perkembangan ilmu biologi molekuler yang mendasarinya. Dasar pengetahuan ini dimulai dengan kontribusi Gregor John Mendel pada tahun 1800an. Mendel bereksperimen menggunakan kacang polong dan menemukan konsep pewarisan sifat. Konsep tersebut menunjukkan bahwa terdapat sebuah faktor yang menentukan sifat generasi yang dihasilkan dari

obat. Adanya bioteknologi mendorong peralihan orientasi penemuan dan pengembangan obat. Hal ini memberikan banyak keuntungan baik pada proses penemuan obat tertarget yang spesifik seperti terapi gen, maupun pada pengembangan obat seperti pembuatan insulin serta vaksin. Bioteknologi juga menjadi solusi yang tepat untuk menangani tingginya kebutuhan senyawa bioaktif sebagai spesimen obat maupun precursor. Dengan adanya teknik kultur sel dan jaringan tanaman serta proses fermentasi, dapat dihasilkan produk dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang relatif singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamgir, A. N. M. (2018). Biotechnology, In Vitro Production of Natural Bioactive Compounds, Herbal Preparation, and Disease Management (Treatment and Prevention). *Therapeutic Use of Medicinal Plants and Their Extracts: Volume 2*, 74, 585. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92387-1_7
- Alyas, J., Rafiq, A., Amir, H., Khan, S. U., Sultana, T., Ali, A., Hameed, A., Ahmad, I., Kazmi, A., Sajid, T., & Ahmad, A. (2021). Human Insulin: History, Recent Advances, and Expression Systems for Mass Production. *Biomedical Research and Therapy*, 8(9), 4540–4561. <https://doi.org/10.15419/bmrat.v8i9.692>
- Anderson, W. F. (1984). Prospects for human gene therapy. *Science (New York, N.Y.)*, 226(4673), 401–409. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.6093246>
- Bettini, E., & Locci, M. (2021). SARS-CoV-2 mRNA Vaccines: Immunological Mechanism and Beyond. *Vaccines*, 9(2), 147. <https://doi.org/10.3390/VACCINES9020147>
- Blaese, R. M., Culver, K. W., Miller, A. D., Carter, C. S., Fleisher, T., Clerici, M., Shearer, G., Chang, L., Chiang, Y., Tolstoshev, P., Greenblatt, J. J., Rosenberg, S. A., Klein, H.,

- Berger, M., Mullen, C. A., Ramsey, W. J., Muul, L., Morgan, R. A., & Anderson, W. F. (1995). T lymphocyte-directed gene therapy for ADA- SCID: initial trial results after 4 years. *Science (New York, N.Y.)*, 270(5235), 475–480. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.270.5235.475>
- Cooper, G. (2000). *The Cell: A Molecular Approach* (2nd ed.). SinauerAssociates.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9950/>
- Ebrahimi, S. B., & Samanta, D. (2023). Engineering protein-based therapeutics through structural and chemical design. *Nature Communications* 2023 14:1, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38039-x>
- Food & Drug Administration. (2025). *Approved Cellular and Gene Therapy Products*. <https://www.fda.gov/Vaccines-Blood-Biologics/Cellular-Gene-Therapy-Products/Approved-Cellular-and-Gene-Therapy-Products>.
<https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/cellular-gene-therapy-products/approved-cellular-and-gene-therapy-products>
- Gaisser, S., & Nusser, M. (2010). [The role of biotechnology in pharmaceutical drug design]. *Zeitschrift Fur Evidenz, Fortbildung Und Qualitat Im Gesundheitswesen*, 104(10), 732–737. <https://doi.org/10.1016/J.ZEFQ.2010.05.001>
- Gaobotse, G., Venkataraman, S., Mmereke, K. M., Moustafa, K., Hefferon, K., & Makhzoum, A. (2022). Recent Progress on Vaccines Produced in Transgenic Plants. *Vaccines* 2022, Vol. 10, Page 1861, 10(11), 1861. <https://doi.org/10.3390/VACCINES10111861>
- Gemantari, B. M., Romadhonsyah, F., Nurrochmad, A., Wahyuono, S., & Astuti, P. (2021). Bioactivity Screening of Endophytic Fungus *Eutypa linearis* isolated from *Coleus amboinicus* (Lour.). *Indonesian Journal of Pharmacy*, 32(1), 86–95. <https://doi.org/10.22146/IJP.1077>

- Gemantari, B. M., Romadhonsyah, F., Nurrochmad, A., Wahyuono, S., & Astuti, P. (2022). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etil Asetat Fungi Endofit *Eutypa linearis*. *Majalah Farmaseutik*, 18(3), 241–246. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v18i3.64133>
- Kumar, P., Singh, B., Thakur, V., Thakur, A., Thakur, N., Pandey, D., & Chand, D. (2019). Hyper-production of taxol from *Aspergillus fumigatus*, an endophytic fungus isolated from *Taxus* sp. of the Northern Himalayan region. *Biotechnology Reports*, 24, e00395. <https://doi.org/10.1016/J.BTRE.2019.E00395>
- Mahdizade Ari, M., Dadgar, L., Elahi, Z., Ghanavati, R., & Taheri, B. (2024). Genetically Engineered Microorganisms and Their Impact on Human Health. *International Journal of Clinical Practice*, 2024, 6638269. <https://doi.org/10.1155/2024/6638269>
- Murray, K., Stahl, S., & Ashton-Rickardt, P. G. (1989). Genetic engineering applied to the development of vaccines. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 324(1224), 461–476. <https://doi.org/10.1098/RSTB.1989.0060>
- Natali, K. M., & Goldman, J. D. (2016). Insulin Allergy: A Case Report and Review of Literature. *The Journal of Pharmacy Technology : JPT : Official Publication of the Association of Pharmacy Technicians*, 32(5), 210. <https://doi.org/10.1177/8755122516655544>
- National Human Genome Research Institute. (2013, April 26). 1972: First Recombinant DNA. <https://www.genome.gov/25520302/Online-Education-Kit-1972-First-Recombinant-Dna>. <https://www.genome.gov/25520302/online-education-kit-1972-first-recombinant-dna>

- Pillai, O., & Panchagnula, R. (2001). Insulin therapies - past, present and future. *Drug Discovery Today*, 6(20), 1056–1061. [https://doi.org/10.1016/S1359-6446\(01\)01962-6](https://doi.org/10.1016/S1359-6446(01)01962-6)
- Quianzon, C. C., & Cheikh, I. (2012). History of insulin. *Journal of Community Hospital Internal Medicine Perspectives*, 2(2), 10.3402/jchimp.v2i2.18701. <https://doi.org/10.3402/JCHIMP.V2I2.18701>
- Science History Institute. (2005). *Herbert W. Boyer and Stanley N. Cohen*. <https://www.sciencehistory.org/education/scientific-biographies/herbert-w-boyer-and-stanley-n-cohen/>
- Singh, N., Vayer, P., Tanwar, S., Poyet, J.-L., Tsaïoun, K., Villoutreix, B. O., Poongavanam, V., Duy Vo, D., & Banerjee, P. (2023). Drug discovery and development: introduction to the general public and patient groups. *Frontiers in Drug Discovery*, 3, 1201419. <https://doi.org/10.3389/FDDSV.2023.1201419>
- Steinberg, F. M., & Raso, J. (1998). Biotech Pharmaceuticals and Biotherapy: An Overview. *J Pharmaceut Sci*, 1(2), 48–59. [https://sites.ualberta.ca/~csps/JPPS1\(2\)/biotech.htm](https://sites.ualberta.ca/~csps/JPPS1(2)/biotech.htm)
- Stryjewska, A., Kiepusa, K., Librowski, T., & Lochyński, S. (2013). Biotechnology and genetic engineering in the new drug development. Part I. DNA technology and recombinant proteins. *Pharmacological Reports : PR*, 65(5), 1075–1085. [https://doi.org/10.1016/S1734-1140\(13\)71466-X](https://doi.org/10.1016/S1734-1140(13)71466-X)
- Suleiman, T. A., Francis, A. C., Ibrahim, A., Jonn-Joy, A. O., Adebisi, E., Anyimadu, D. T., Suleiman, T. A., Francis, A. C., Ibrahim, A., Jonn-Joy, A. O., Adebisi, E., & Anyimadu, D. T. (2023). Biotechnological Drug Development—The Role of Proteins, Genes, In-Silico, and Stem Cells in

- Designing Models for Enhanced Drug Discovery. *Open Access Library Journal*, 10(8), 1–20.
<https://doi.org/10.4236/OALIB.1110520>
- Tamura, R., & Toda, M. (2020). Historic Overview of Genetic Engineering Technologies for Human Gene Therapy. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 60(10), 483.
<https://doi.org/10.2176/NMC.RA.2020-0049>
- The, M. (1989). Human insulin: DNA technology's first drug. *American Journal of Hospital Pharmacy*, 46(11Supl2), 9–11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2690608/>
- Vecchio, I., Tornali, C., Bragazzi, N. L., & Martini, M. (2018). The Discovery of Insulin: An Important Milestone in the History of Medicine. *Frontiers in Endocrinology*, 9, 613.
<https://doi.org/10.3389/FENDO.2018.00613>
- Verma, A. S., Agrahari, S., Rastogi, S., & Singh, A. (2011). Biotechnology in the Realm of History. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 3(3), 321.
<https://doi.org/10.4103/0975-7406.84430>
- Yi, D., & Mertz, J. E. (2024). Paul Berg and the origins of recombinant DNA. *Cell*, 187(5), 1019–1023.
<https://doi.org/10.1016/J.CELL.2024.01.007>
- Yoga Ardandi, R., Nurhaliza, S., Maykania Poty, P., Putri Sha, N., Himayani, R., & Soraya Rahmanisa. (2024). Application of Recombinant DNA in Gene Therapy: SARS-CoV-2 DNA Vaccine and Cancer Therapy. *Medical Profession Journal of Lampung*, 14(5), 895–900.
<https://doi.org/10.53089/MEDULA.V14I5.930>

PROFIL PENULIS



Baiq Maylinda Gemantari

Penulis menyelesaikan pendidikan farmasi di Universitas Islam Indonesia pada 2012 dengan peminatan farmasi sains. Mendalami biologi molekuler, pada 2016 penulis menyelesaikan penelitian dengan tema farmakogenomik untuk mendesain primer yang dapat digunakan untuk mendeteksi kejadian polimorfisme pada pasien diabetes. Pada 2017 penulis lulus dari

Pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Islam Indonesia. Penulis melanjutkan pendidikan Magister Ilmu Farmasi di Universitas Gadjah Mada yang diselesaikan pada tahun 2021. Selama menempuh pendidikan magister, penulis berfokus pada bidang penemuan obat dan mendalami bioteknologi farmasi hingga lulus dengan penelitian menggunakan fungi endofit yang digunakan sebagai sumber senyawa sebagai langkah pengembangan penemuan obat yang memiliki beragam potensi aktivitas. Sejak 2021 penulis menjadi dosen pada Program Studi Farmasi Universitas Hamzanwadi untuk menyebarkan dan memperluas manfaat pengetahuan.

BAB 13

REGULASI DAN KEAMANAN OBAT

Nurma Sabila
Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Malang
E-mail: nurma.sabila@poltekkes-malang.ac.id

A. PENDAHULUAN

Obat mengandung senyawa kimia yang harus dipastikan memiliki khasiat dengan efek samping atau toksisitas minimal. Penggunaan obat yang tidak efektif, berkualitas buruk, dan berbahaya dapat mengakibatkan kegagalan terapi, memperburuk penyakit, resistensi terhadap obat, dan terkadang kematian. Hal ini juga merusak kepercayaan terhadap sistem kesehatan, profesional kesehatan, produsen farmasi, dan distributor. Uang yang dihabiskan untuk obat yang tidak efektif dan berkualitas buruk akan terbuang sia-sia, baik oleh konsumen maupun pemerintah. Untuk itu, pemerintah setiap negara perlu menetapkan regulasi melalui badan otoritas regulasi nasional yang kuat, untuk memastikan bahwa pembuatan, perdagangan, dan penggunaan obat-obatan diatur secara efektif, untuk melindungi dan meningkatkan kesehatan masyarakat (WHO, 2003).

Upaya penetapan regulasi ini dilakukan manusia sejak dahulu dan terus berkembang secara bertahap dari waktu ke waktu. Mithridates VI (120 SM), Raja Pontus, meramu sediaan campuran yang disebut "Mithridatium" yang mencakup 41 komponen dan dianggap sebagai obat mujarab untuk hampir semua penyakit hingga akhir tahun 1780-an. Baru pada tahun 1540 di Inggris, pembuatan Mithridatium dan obat-obatan lainnya diawasi berdasarkan *Apothecaries Wares, Drugs and Stuffs Act* yang selanjutnya muncul buku Farmakope yang

mewajibkan apoteker untuk membuat obat dengan standar yang ditetapkan (Rago & Santoso, 2008).

Pengembangan regulasi obat juga didasarkan atas beberapa peristiwa yang tidak diharapkan terjadi. *Biologics Control Act* tahun 1902 ditetapkan berdasarkan kejadian meninggalnya 13 anak karena antitoksin difteri yang terkontaminasi basil tetanus hidup. Undang-undang tersebut mengharuskan inspeksi produsen dan penjual produk biologis dan pengujian produk tersebut untuk kemurnian dan kekuatan. Selanjutnya *Pure Food and Drug Act* pada tahun 1906 muncul akibat adanya pelabelan yang tidak tepat pada sirup yang mengandung alkohol, opium, atau morfin sehingga menyebabkan kecanduan. Hal ini menyebabkan produsen harus melakukan pelabelan obat dengan tepat (FDA, 2002).

Pada tahun 1933, FDA menyelenggarakan pameran “*America’s Chamber of Horrors*” tentang makanan, obat, alat medis dan kosmetik berbahaya untuk menggambarkan kekurangan undang-undang tahun 1906. Beberapa yang ditampilkan yaitu obat penurun berat badan yang menyebabkan kematian, lotion yang mengandung merkuri, pewarna rambut yang menyebabkan keracunan logam timah, pewarna bulu mata yang menyebabkan kebutaan. Regulasi baru *The Federal Food, Drug and Cosmetic Act* muncul pada tahun 1938 setelah ada kejadian besar tahun 1937 yaitu kematian 109 orang akibat penggunaan dietil glikol sebagai pelarut obat sulfanilamid. Hal ini disebabkan tidak adanya pemastian keamanan bahan tambahan yaitu pelarut dietil glikol yang ternyata berbahaya (Rago & Santoso, 2008). Regulasi ini mewajibkan industri untuk melampirkan bukti keamanan produk sebelum dipasarkan (Immel, 2001).

Meskipun sudah ditetapkan undang-undang terkait keamanan obat, pada tahun 1941 hampir 300 orang meninggal atau terluka akibat tablet sulfatiazol, obat sulfa yang dicampur

masing. Kerjasama antar pihak dibutuhkan untuk penerapan regulasi dan keamanan obat yang efektif dengan melibatkan pemerintah, WHO, badan regulasi nasional, industri farmasi, akademisi, dan lembaga lain terkait. Regulasi ini terus berkembang dan adaptif untuk menyesuaikan perubahan yang ada seperti adanya inovasi penemuan obat baru dan pengembangan obat yang sudah ada. Penemuan obat baru terus berjalan mengingat munculnya beberapa penyakit baru terlebih adanya pandemi seperti COVID-19. Sedangkan pengembangan obat juga terus dilakukan dalam upaya peningkatan aktivitas farmakologis, pencarian aktivitas farmakologis lain, peningkatan keamanan dengan pencarian senyawa yang memiliki toksisitas rendah, dan peningkatan sifat farmakokinetik obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, J., Belz, S., Hoeveler, A., Hugas, M., Okuda, H., Patri, A., Rauscher, H., Silva, P., Slikker, W., Sokull-Kluettgen, B., Tong, W., & Anklam, E. (2021). Regulatory landscape of nanotechnology and nanoplastics from a global perspective. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 122, 104885. <https://doi.org/10.1016/J.YRTPH.2021.104885>
- Chaachouay, N., & Zidane, L. (2024). Plant-Derived Natural Products: A Source for Drug Discovery and Development. *Drugs and Drug Candidates*, 3(1), 184–207. <https://doi.org/10.3390/ddc3010011>
- Di Francia, R., Crisci, S., De Monaco, A., Cafiero, C., Re, A., Iaccarino, G., De Filippi, R., Frigeri, F., Corazzelli, G., Micera, A., & Pinto, A. (2021). Response and Toxicity to Cytarabine Therapy in Leukemia and Lymphoma: From Dose Puzzle to Pharmacogenomic Biomarkers. *Cancers*, 13(5), 966. <https://doi.org/10.3390/CANCERS13050966>

- FDA. (2022). Science and the Regulation of Biological Products. Retrieved April 6, 2025, from <https://www.fda.gov/about-fda/histories-product-regulation/science-and-regulation-biological-products>
- FDA. (2020). Emergency Use Authorization for Vaccines Explained. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/vaccines/emergency-use-authorization-vaccines-explained>
- Faruqi, A., & Tadi, P. (2023). Cytarabine. *XPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/B978-008055232-3.61536-3>
- Gallego-Jara, J., Lozano-Terol, G., Sola-Martínez, R. A., Cánovas-Díaz, M., & Puente, T. de D. (2020). A Compressive Review about Taxol®: History and Future Challenges. *Molecules*, 25(24), 5986. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES25245986>
- ICH. (2025). History. Retrieved April 7, 2025, from <https://www.ich.org/page/history>
- Immel, B.K. (2001). A brief story of the GMPs for pharmaceuticals. *Pharmaceutical technology*, 25(7), 44-53.
- Per BPOM 2019 No. 32, Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat Tradisional
- Per BPOM 2023 No. 29, Persyaratan Keamanan dan Mutu Obat Bahan Alam
- Perka BPOM 2017 No. 24, Kriteria dan Tata Laksana Registrasi Obat
- Perpres 2017 No. 80 tahun 2017 tentang Badan Pengawas Obat dan Makanan
- Rago, L., & Santoso, B. (2008). Drug Regulation: History, Present and Future. In L. Rago & B. Santoso, *Drug benefits and risks: International textbook of clinical pharmacology*, 2, 65–77.

- Sousa-Pimenta, M., Estevinho, L. M., Szopa, A., Basit, M., Khan, K., Armaghan, M., Ibrayeva, M., Sönmez Gürer, E., Calina, D., Hano, C., & Sharifi-Rad, J. (2023). Chemotherapeutic properties and side-effects associated with the clinical practice of terpene alkaloids: paclitaxel, docetaxel, and cabazitaxel. *Frontiers in Pharmacology*, 14. <https://doi.org/10.3389/FPHAR.2023.1157306>
- US EPA. (2024a). Presidential Green Chemistry Challenge: 2006 Greener Reaction Conditions Award. Retrieved April 9, 2025, from <https://www.epa.gov/greenchemistry/presidential-green-chemistry-challenge-2006-greener-reaction-conditions-award>
- US EPA. Presidential Green Chemistry Challenge: 2010 Greener Reaction Conditions Award. (2024b). Retrieved April 9, 2025, from <https://www.epa.gov/greenchemistry/presidential-green-chemistry-challenge-2010-greener-reaction-conditions-award>
- Vearrier, D., & Grundmann, O. (2021). Clinical Pharmacology, Toxicity, and Abuse Potential of Opioids. *The Journal of Clinical Pharmacology*, 61(S2), S70–S88. <https://doi.org/10.1002/JCPH.1923>
- Verweij, J., Clavel, M., & Chevalier, B. (1994). Paclitaxel (Taxol) and docetaxel (Taxotere): not simply two of a kind. *Annals of Oncology: Official Journal of the European Society for Medical Oncology*, 5(6), 495–505. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.ANNONC.A058903>
- Wang, H., Chen, Y., Wang, L., Liu, Q., Yang, S., & Wang, C. (2023). Advancing herbal medicine: enhancing product quality and safety through robust quality control practices.

Frontiers in Pharmacology, 14, 1265178.
<https://doi.org/10.3389/FPHAR.2023.1265178/PDF>

WHO. 2003. WHO Policy Perspectives on Medicines-Effective medicines regulation: ensuring safety, efficacy and quality WHO Policy Perspectives on Medicines. *Geneva: WHO headquarter*

PROFIL PENULIS



apt. Nurma Sabila, S.Farm., M.S.Farm.

Lahir di Kediri, 11 Oktober 1991. Riwayat pendidikan menempuh S-1 Farmasi Universitas Gadjah Mada tahun 2009-2013 dan melanjutkan pendidikan di Program Studi Profesi Apoteker Universitas Gadjah Mada tahun 2014-2015. Pada tahun 2015-2017 bekerja sebagai asisten dosen di Program Studi Farmasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, apoteker pendamping di Apotek Depok Yogyakarta dan asisten peneliti di Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Pada tahun 2017-2019 melanjutkan pendidikan di Program Studi Magister Farmasi Institut Teknologi Bandung dan selanjutnya bekerja di Sekolah Farmasi Institut Teknologi Bandung sebagai asisten akademik sampai tahun 2022. Saat ini bekerja di Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang sebagai dosen di Program Studi D3 Analisis Farmasi dan Makanan.

BAB 14

INOVASI DALAM PENGHANTARAN OBAT

Agung Ari Chandra Wibawa
Fakultas Farmasi Universitas Mahasaraswati Denpasar, Denpasar
E-mail: agungarichandra@unmas.ac.id.

A. PENDAHULUAN

Penghantaran obat, atau yang dikenal dengan *Drug Delivery System* (DDS), merupakan suatu teknologi yang dikembangkan untuk mengantarkan obat ke dalam tubuh dengan cara yang lebih terkontrol, efisien, dan tepat sasaran. Sistem ini dirancang agar obat dapat bekerja dengan lebih optimal, sehingga tidak hanya meningkatkan efektivitas terapi, tetapi juga meminimalkan efek samping yang mungkin timbul. Dengan adanya DDS, obat dapat mencapai lokasi target dalam tubuh dengan lebih baik, sehingga manfaatnya dapat dirasakan secara maksimal oleh pasien. Salah satu inovasi terbaru dalam sistem penghantaran obat adalah metode yang memungkinkan obat menembus kulit dan masuk langsung ke dalam tubuh, yang disebut *Transdermal Drug Delivery System* (TDDS). Metode ini memungkinkan zat aktif yang terkandung dalam obat diserap melalui kulit, sehingga tidak perlu melewati saluran pencernaan atau metabolisme hati. Hal ini sangat menguntungkan, terutama bagi pasien yang mengalami gangguan pencernaan atau bagi obat-obatan yang cenderung mengalami penurunan efektivitas akibat metabolisme di hati sebelum mencapai sirkulasi sistemik (Iliopoulos et al., 2022).

Hingga saat ini, DDS yang ideal terus dikembangkan untuk memastikan waktu laten yang singkat, efek farmakologi yang bertahan lebih lama, serta kemampuan mengantarkan obat secara langsung ke lokasi target dengan aman. Oleh karena itu,

berbagai penelitian telah dirancang untuk menciptakan formulasi obat yang mampu melepaskan kandungan aktifnya sesuai dengan waktu yang telah direncanakan guna meningkatkan efektivitas terapi. Nanomedicine adalah cabang ilmu dan teknologi yang memanfaatkan alat serta pengetahuan molekuler tubuh manusia untuk mendiagnosis, merawat, dan mencegah berbagai penyakit maupun trauma. Selain itu, bidang ini juga bertujuan untuk mengurangi rasa sakit serta menjaga dan meningkatkan kualitas kesehatan manusia. Dalam dunia farmasi, teknologi nano diterapkan untuk meningkatkan efikasi dan keamanan obat. Partikel nano memiliki potensi besar, terutama dalam pengembangan menuju sistem penghantaran obat berbasis nano yang optimal (Teti Indrawati, 2023).

B. INOVASI DALAM PENGHANTARAN OBAT BERBASIS NANOTEKNOLOGI

Efektivitas dan efisiensi terapi medis sangat bergantung pada bagaimana obat diantarkan ke dalam tubuh. Perkembangan pesat dalam ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama dengan hadirnya nanoteknologi, telah merevolusi cara obat diberikan. Nanoteknologi memungkinkan formulasi obat dalam skala nanometer yang memberikan banyak keuntungan signifikan, termasuk peningkatan ketersediaan obat dalam tubuh, pengaturan pelepasan obat yang lebih baik, serta pengurangan efek samping yang merugikan. Pendekatan ini sangat vital untuk meningkatkan kualitas pengobatan, terutama untuk penyakit yang memerlukan penghantaran obat yang sangat spesifik seperti kanker, diabetes, dan penyakit neurodegeneratif. Nanoteknologi dalam farmasi mengembangkan material berukuran nano (1-100 nm) untuk meningkatkan efikasi dan efisiensi penghantaran obat. Penggunaan nanopartikel dalam sistem pengiriman obat bertujuan untuk menstabilkan obat, mengoptimalkan target

- Bird, D., & Ravindra, N. M. (2020). Transdermal drug delivery and patches—An overview. *Medical Devices & Sensors*, 3(6), 1–15. <https://doi.org/10.1002/mds3.10069>
- Economidou, S. N., Lamprou, D. A., & Douroumis, D. (2018). 3D printing applications for transdermal drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*, 544(2), 415–424. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.01.031>
- Hamimed, S., Jabberi, M., & Chatti, A. (2022). Nanotechnology in drug and gene delivery. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 395(7), 769–787. <https://doi.org/10.1007/s00210-022-02245-z>
- Iliopoulos, F., Sil, B. C., & Evans, C. L. (2022). The role of excipients in promoting topical and transdermal delivery: Current limitations and future perspectives. *Frontiers in Drug Delivery*, 2, 1–0. <https://doi.org/10.3389/fddev.2022.1049848>
- Kurul, F., Turkmen, H., Cetin, A. E., & Topkaya, S. N. (2025). Nanomedicine: How nanomaterials are transforming drug delivery, bio-imaging, and diagnosis. *Next Nanotechnology*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.nxnano.2024.100129>
- Lou, J., Duan, H., Qin, Q., Teng, Z., Gan, F., Zhou, X., & Zhou, X. (2023). Advances in Oral Drug Delivery Systems: Challenges and Opportunities. *Pharmaceutics*, 15(484). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020484>
- Mi, P. (2020). Stimuli-responsive nanocarriers for drug delivery, tumor imaging, therapy and theranostics. In *Theranostics* (Vol. 10, Issue 10, pp. 4557–4588). Ivyspring International Publisher. <https://doi.org/10.7150/thno.38069>
- Mursal. I.L.P, Mulyawan, I., Rifqisyah, M., Syamsiah, N., Haryadi, R., & Pramasari, S. (2023). Review Artikel: Pengembangan Nanopartikel Hibrid Lipid-Polimer Sebagai Sistem Penghantaran Obat Baru. *Jurnal Ilmiah Wahana*

- Pendidikan*, 9(17), 352–358.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8307733>
- Pala, R., Anju, V. T., Dyavaiah, M., Busi, S., & Nauli, S. M. (2020). Nanoparticle-mediated drug delivery for the treatment of cardiovascular diseases. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 3741–3769.
<https://doi.org/10.2147/IJN.S250872>
- Pujara, N., Giri, R., Wong, K. Y., Qu, Z., Rewatkar, P., Moniruzzaman, M., Begun, J., Ross, B. P., McGuckin, M., & Popat, A. (2021). pH – Responsive colloidal carriers assembled from β -lactoglobulin and Epsilon poly-L-lysine for oral drug delivery. *Journal of Colloid and Interface Science*, 589, 45–55.
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.12.054>
- Sharma, K., Shah, M., Gour, S., Mitra, R., Bihani, N., & Chandgothia, N. (2025). Innovations in Cancer Immunotherapy Drug Delivery Technologies: A Systematic Review. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*.
https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_1375_24
- Teruel, A. H., Gonzalez-Alvarez, I., Bermejo, M., Merino, V., Marcos, M. D., Sancenon, F., Gonzalez-Alvarez, M., & Martinez-Mañez, R. (2020). New insights of oral colonic drug delivery systems for inflammatory bowel disease therapy. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(18), 1–30. <https://doi.org/10.3390/ijms21186502>
- Teti Indrawati. (2023). Review: Pemanfaatan Nanosains dan Nanoteknologi untuk Meningkatkan Efektivitas Obat Teti Indrawati. *Saintech Farma*, 16(2), 73–83.
www.medicalautomation.org
- Tort, S., Han, D., & Steckl, A. J. (2020). Self-inflating floating nanofiber membranes for controlled drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*, 579, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2020.119164>

Vinchurkar, K., Sainy, J., Khan, M. A., Mane, S., Mishra, D. K., & Dixit, P. (2022). Features and Facts of a Gastroretentive Drug Delivery System-A Review. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 19(4), 476–487. <https://doi.org/10.4274/tjps.galenos.2021.44959>

PROFIL PENULIS



Dr. Agung Ari Chandra Wibawa, S.Si., M.Si,

Lahir di Mataram pada tanggal 10 Maret 1991. Penulis menyelesaikan program studi sarjana pada bidang kimia (S.Si) di Fakultas MIPA Universitas Udayana pada Tahun 2013. Penulis melanjutkan Program Magister di Program Studi Kimia Terapan Universitas Udayana dan meraih gelar M.Si pada Tahun 2016. Penulis menyelesaikan program studi doktor (S3) pada program studi Ilmu Kedokteran Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Udayana Tahun 2024. Beberapa karya penulis yang mencakup bidang Kesehatan yang berkonsentrasi bahan alam telah diterbitkan dalam jurnal nasional dan internasional. Sejak tahun 2019 Penulis adalah staf pengajar Departemen Kimia Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Mahasaraswati Denpasar. Sejak tahun 2021-2024 penulis menjabat sebagai sekretaris program studi sarjana farmasi. Matakuliah yang diampu di Fakultas Farmasi Universitas Mahasaraswati Denpasar adalah Kimia Organik dan Biokimia.

BAB 15

KOMBINASI TERAPI: STRATEGI UNTUK EFIKASI LEBIH TINGGI

Meiliza Ekayanti
STIKes Prima Indonesia, Bekasi
E-mail: meilizaekayanti@gmail.com

A. PENDAHULUAN

Persentase penduduk dunia yang menggunakan obat tradisional terus meningkat melebihi 50% populasi tiap negara (Hafizh *et al.*, 2021). Laju percepatan kemajuan dunia medis merupakan faktor pendorong dalam meningkatkan minat yang besar pada obat bahan alam (herbal), karena tak jarang perawatan konvensional kerap gagal dalam memberikan terapi holistik (Chugh *et al.*, 2018; Hafizh *et al.*, 2021). Beberapa negara di dunia memiliki konsep pengobatan herbal yang berbeda seperti memisahkan dengan terapi modern atau konvensional dan mengintegrasikan antara pengobatan herbal-konvensional seperti China, Jepang dan India sehingga memungkinkan terjadinya kombinasi terapi (A. Zhang *et al.*, 2011). Terapi kombinasi herbal atau bahan alam saat ini memang sedang “naik daun” sebagai objek eksplorasi kebaruan terapeutik atau aplikasi fungsional, namun tidak semua terapi kombinasi memiliki interaksi positif, terdapat interaksi yang menunjukkan reaksi penurunan efektivitas obat bahkan dapat terjadi reaksi toksisitas akibat interaksi obat. Oleh karena hal tersebut terapi kombinasi dapat dianalogikan sebagai “Pedang bermata dua” (Hafizh *et al.*, 2021; A. Zhang *et al.*, 2011).

Kombinasi terapi dalam lingkup yang lebih sempit salah satunya proses mengombinasikan beberapa unsur zat terapeutik seperti ekstrak tanaman untuk meningkatkan manfaat dari

kandungannya baik dengan tanaman lain atau obat konvensional. Herbal merupakan campuran kompleks fitokimia yang aktif secara farmakologis, tidak seperti obat konvensional yang merupakan entitas tunggal. Oleh karena itu, kemungkinan interaksi komponen obat herbal atau herbal dengan obat konvensional bahkan lebih besar daripada interaksi obat konvensional. Memahami mekanisme terjadinya interaksi antar komponen herbal herbal maupun dengan obat konvensional dapat memberikan pertimbangan efek negatif berkaitan kombinasi terapi herbal dan konvensional. Sebanyak 30–70% pasien kanker menggunakan pengobatan komplementer herbal selama kemoterapi baik dalam bentuk suplemen atau bahan makanan yang terdiri dari berbagai fitokimia yang dapat memengaruhi penyerapan, distribusi, metabolisme, dan ekskresi bahan obat konvensional jika dikombinasikan.

B. KONSEP TERAPI KOMBINASI

Pengobatan modern cenderung menargetkan penyakit dengan menggunakan satu agen tunggal (monoterapi), berbeda dengan terapi tradisional (termasuk herbal) seperti ayurveda yang menggunakan pendekatan berbeda seperti kombinasi beberapa bahan alam menjadi sebuah ramuan obat. Lebih luas lagi pengobatan tradisional ini mengusung konsep kompleks pikiran-tubuh dalam mencapai keseimbangan tubuh dan meringankan penyakit misalnya mengombinasikan obat dengan efek psikologis, perilaku dan fisiologis seperti yoga, kontrol pola makan, meditasi atau do'a berdasarkan prinsip terapi holistik (Chugh *et al.*, 2018; Hafizh *et al.*, 2021).

Pendekatan konsep terapi holistik dan kombinasi terapi yang sinergis kerap digunakan pada penelitian dan pengembangan produk herbal atau bahan alam sebagai eksplorasi kebaruan terapeutik atau aplikasi fungsional. Sinergitas terapi pada obat kombinasi dimaksudkan untuk

bioavailabilitas konstituen aktif, memperkuat efek terapeutik dan mengurangi efek toksik. Pemanfaatan teknologi komputerisasi seperti identifikasi sinergi multikomponen berbasis target jaringan memberikan penemuan baru komponen aktif dan mampu menjelaskan mekanisme dari kombinasi terapi dan interaksi multikomponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Afendi, F., Heryanto, R., Darusman, L. K., Syahrir, N. H. A., Bakri, R., & Qomariasih, N. (2016). Jamu Informatics: A New Perspective in Jamu Research. *CICSJ Buletin*, 34(2), 47–52.
- Charen, E., & Harbord, N. (2020). Toxicity of Herbs, Vitamins, and Supplements. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 27(1), 67–71. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2019.08.003>
- Che, C.-T., Wang, Z., Chow, M., & Lam, C. (2013). Herb-Herb Combination for Therapeutic Enhancement and Advancement: Theory, Practice and Future Perspectives. *Molecules*, 18(5), 5125–5141. <https://doi.org/10.3390/molecules18055125>
- Chugh, N. A., Bali, S., & Koul, A. (2018). Integration of Botanicals in Contemporary Medicine: Road blocks, Checkpoints and Go-ahead Signals. *Integrative Medicine Research*, 7(2), 109–125. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2018.03.005>
- Grollman, A. P., & Marcus, D. M. (2016). Global Hazards of Herbal Remedies: Lessons from Aristolochia. *EMBO Reports*, 17(5), 619–625. <https://doi.org/10.15252/embr.201642375>
- Hafizh, H., Olivia, O., & Indah, I. (2021). Gambaran Penggunaan Obat Herbal pada Masyarakat Indonesia dan Interaksinya terhadap Obat Konvensional Tahun 2020. *Journal of Medical Studies*, 1(1), 40–62.

- Hausner, E. A., & Poppenga, R. H. (2013). Hazards Associated with the Use of Herbal and Other Natural Products. In *Small Animal Toxicology* (pp. 335–356). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-0717-1.00026-0>
- Li, S., Zhang, B., & Zhang, N. (2011). Network Target for Screening Synergistic Drug Combinations with Application to Traditional Chinese Medicine. *BMC Systems Biology*, 5(Suppl 1), 9–11. <https://doi.org/10.1186/1752-0509-5-S1-S10>
- Parveen, A., Zahiruddin, S., Agarwal, N., Akhtar Siddiqui, M., Husain Ansari, S., & Ahmad, S. (2021). Modulating Effects of the Synergistic Combination of Extracts of Herbal Drugs on Cyclophosphamide-induced Immunosuppressed Mice. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(11), 6178–6190. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.076>
- Suroowan, S., Abdallah, H. H., & Mahomoodally, M. F. (2021). Herb-Drug Interactions and Toxicity: Underscoring Potential Mechanisms and Forecasting Clinically Relevant Interactions induced by Common Phytoconstituents via Data Mining and Computational Approaches. *Food and Chemical Toxicology*, 156, 112432. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112432>
- Syahrir, N. H. A., Afendi, F. M., & Susetyo, B. (2016). Efek Sinergis Bahan Aktif Tanaman Obat Berbasiskan Jejaring dengan Protein Target. *Jurnal Jamu Indonesia*, 1(1), 35–46. <https://doi.org/10.29244/jji.v1i1.6>
- Szeto, Y. T., Wong, J. W. M., Wong, S. C. Y., Pak, S. C., & Benzie, I. F. F. (2011). DNA Protective Effect of Ginseng and the Antagonistic Effect of Chinese Turnip: A Preliminary Study. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(2), 97–100. <https://doi.org/10.1007/s11130-011-0209-5>
- Upton, R., & Romm, A. (2010). Guidelines for Herbal Medicine Use. In *Botanical Medicine for Women's Health* (pp. 75–

- 96). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-07277-2.00004-0>
- Wijaya, S. H., Fadillah, C., & Kusuma, W. A. (2019). Prediction of Synergistic Effect between Multiple Compounds Related to Diabetes Mellitus. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 299(1), 12038–12048. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/299/1/012038>
- Zhang, A., Xue, C., & Fong, H. (2011). Integration of Herbal Medicine into Evidence-Based Clinical Practice. In *Herbal Medicine: Biomelecular and Clinical Aspects* (2nd ed.). CRC Press/Taylor & Francis.
- Zhang, J., Lv, C., Wang, H., & Cao, Y. (2013). Synergistic Interaction between Total Glucosides and Total Flavonoids on Chronic Constriction Injury Induced Neuropathic Pain in Rats. *Pharmaceutical Biology*, 51(4), 455–462. <https://doi.org/10.3109/13880209.2012.739177>
- Zhao, S., & Li, S. (2010). Network-Based Relating Pharmacological and Genomic Spaces for Drug Target Identification. *PLoS ONE*, 5(7), e11764. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011764>

PROFIL PENULIS



Meiliza Ekayanti, S.Si., M.Si

Penulis adalah seorang peneliti dan dosen, lahir di Bekasi, 25 Mei 1991 telah menempuh Pendidikan Sarjana di Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Negeri Jakarta (UNJ) tahun 2014. Penulis melanjutkan Studi Magister Program Studi Herbal Medik di Fakultas Farmasi Universitas Indonesia (UI) tahun 2017. Penulis aktif dan fokus dalam mengembangkan penelitian yang berkonsentrasi di bidang Herbal Medik, Farmakognosi dan Fitokimia. Penelitian yang telah dipublikasikan diantaranya adalah “*Dipeptidyl peptidase IV inhibitory activity of fraction from white tea ethanolic extract (Camellia sinensis (L.) Kuntze) ex vivo*”. Penulis aktif sebagai pengajar pada Program Studi Farmasi Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan (STIKes) Prima Indonesia sejak tahun 2018.

KIMIA ORGANIK DAN BAHAN ALAM

Buku Kimia Organik dan Bahan Alam membahas bagaimana senyawa organik dan bahan alam menjadi dasar bagi pengembangan obat-obatan modern. Buku ini menguraikan berbagai mekanisme sintesis, ekstraksi, dan modifikasi senyawa organik yang digunakan dalam industri farmasi, serta bagaimana bahan alam berkontribusi dalam pencarian senyawa aktif baru. Selain itu, buku ini menjelaskan pemanfaatan teknologi canggih seperti kromatografi, spektroskopi, dan bioinformatika dalam analisis senyawa farmasi. Dengan pendekatan multidisiplin, pembaca diajak untuk memahami bagaimana kimia organik, bioteknologi, dan farmakologi saling berinteraksi dalam menciptakan obat yang lebih efektif dan aman.



FUTURE SCIENCE

Jl. Terusan Surabaya, Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005,
Kel. Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
Provinsi Jawa Timur.
Website : www.futuresciencepress.com



IKAPI
IKATAN PEMERIT INDONESIA

No . 348/JTI/2022

ISBN 978-634-7216-59-5 (PDF)



9

786347

216595