

etnofarmakologi

Etnofarmakologi menggabungkan ilmu farmasi dengan pengetahuan lokal dan keanekaragaman tumbuhan. Pembaca diajak memahami pemanfaatan tumbuhan obat dalam budaya dan tradisi masyarakat, serta bagaimana tumbuhan menjadi elemen penting dalam perjalanan empirik manusia.

Buku ini menjelajahi etnofarmakologi, merinci konsep dasar, metodologi penelitian, dan penerapan pengetahuan dalam praktik pengobatan tradisional secara sistematis. Harapan kami, pembaca memperoleh wawasan tentang hubungan ilmu pengetahuan modern dan kearifan lokal.

Buku ini tidak hanya kumpulan informasi, tapi juga kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan dan pelestarian kearifan lokal. Penulis mendeskripsikan penelitiannya di kawasan suku di Jawa Timur, memberikan dimensi khusus pada kajian etnofarmakologi. Penulis berharap buku memberikan manfaat dan inspirasi, menerima saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan. Buku ini bukan akhir, tapi awal perjalanan untuk mengembangkan pemahaman etnofarmakologi.



Penerbit UNIPMA Press
Universitas PGRI Madiun
Jl. Setia Budi No. 85 Madiun, Jawa Timur, 63118
E-Mail: upress@unipma.ac.id
Website: kwu.unipma.ac.id

ISBN 978-623-8095-41-4



9 786238 095414



etnofarmakologi

Weka Sidha Bhagawan Arum Suproborini



etnofarmakologi



**Weka Sidha Bhagawan
Arum Suproborini**



ETNOFARMAKOLOGI

Weka Sidha Bhagawan

Arum Suproborini



Etnofarmakologi

Penulis:

Weka Sidha Bhagawan

Arum Suproborini

Perancang Sampul:

Amirudin Imam Nur

Penata Letak:

Rachmad Agung Wicaksono

Cetakan Pertama November 2023

Diterbitkan Oleh:

UNIPMA Press (Anggota IKAPI)

Universitas PGRI Madiun

Jl. Setiabudi No. 85 Madiun Jawa Timur 63118

Telp. (0351) 462986, Fax. (0351) 459400

E-Mail: upress@unipma.ac.id

Website: kwu.unipma.ac.id

ISBN: 978-623-8095-41-4

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-Undang

All right reserved

KATA PENGANTAR

Kami mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, sumber segala rahmat, petunjuk, dan karunia-Nya. Keberhasilan penyelesaian buku ini menjadi bukti nyata atas anugerah-Nya. Semoga karya ini tidak hanya mencerminkan pengabdian kami, tetapi juga menjadi sarana untuk mengeksplorasi pengetahuan dan kearifan dalam bidang etnofarmakologi, khususnya dalam konteks Indonesia.

Buku ini dibuat dengan maksud memberikan gambaran menyeluruh kepada pembaca mengenai etnofarmakologi, suatu ranah penelitian yang menggabungkan ilmu farmasi dengan kearifan lokal dan keanekaragaman tumbuhan. Melalui eksplorasi ini, diharapkan pembaca dapat memperoleh pemahaman yang lebih dalam mengenai pemanfaatan tumbuhan obat dalam konteks budaya dan tradisi masyarakat. Secara lebih luas, buku ini mengungkap bagaimana masyarakat umumnya menggunakan tumbuhan sebagai elemen penting dalam memberikan energi dan meningkatkan kesejahteraan, sebuah elemen yang telah tertanam dalam evolusi manusia.

Penyusunan buku ini tidak terlepas dari kontribusi dan dukungan berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada para ahli, peneliti, dan praktisi etnofarmakologi yang turut berperan dalam pembuatan karya ini. Penghargaan juga kami sampaikan kepada lembaga penelitian, perguruan tinggi, serta semua pihak yang telah mendukung proses penulisan buku ini. Tidak lupa, terima kasih kepada masyarakat Suku Tengger, masyarakat Kecamatan Kare di lereng utara Gunung Wilis, dan masyarakat di Lereng utara Gunung Lawu yang dengan sukarela memberikan informasi tradisional yang sangat berharga.

Buku ini menggambarkan perjalanan penelitian dan eksplorasi dalam bidang etnofarmakologi, merinci konsep dasar, metodologi penelitian, dan penerapan pengetahuan dalam praktik pengobatan tradisional secara sistematis. Harapannya, isi buku ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pelestarian kearifan lokal. Kami menyajikan hasil penelitian

etnofarmakologi yang telah kami lakukan di kawasan suku di Jawa Timur, didukung oleh tinjauan literatur yang komprehensif.

Sebagai penulis, kami berharap agar buku ini dapat memberikan manfaat dan inspirasi kepada pembaca, khususnya bagi mereka yang tertarik dalam pengembangan ilmu etnofarmakologi. Kami dengan tulus menerima setiap saran dan kritik konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Kontribusi dan masukan dari pembaca memiliki nilai yang sangat penting bagi kami.

Sebagai penutup, kami berharap buku ini dapat menjadi sumbangan yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan pelestarian kearifan lokal. Semoga karya ini memberikan wawasan mendalam dan inspirasi bagi pembaca. Terima kasih atas perhatian dan dukungan yang diberikan. Semoga kita semua terus melangkah maju dalam menjelajahi dan memahami keanekaragaman hayati serta budaya yang mengelilingi kita.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 Pengantar Etnofarmakologi	2
1.1 Pengertian dan Konsep Etnofarmakologi	4
1.2 Ruang Lingkup Etnofarmakologi	4
BAB 2 Tumbuhan dan Penemuan Obat	6
2.1 Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan	11
2.2 Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Bioaktif	33
2.3 Modifikasi Stuktur Senyawa Aktif	48
BAB 3 Metode Etnofarmakologi	51
3.1 <i>Quantitative Ethnopharmacological Indice</i>	61
3.2 Metode Etnografi Lapangan	70
BAB 4 Etnofarmakologi di Indonesia	78
4.1 Etnofarmakologi di Pulau Bali	78
4.2 Etnofarmakologi di Suku Tetun Nusa Tenggara Timur	89
4.3 Etnofarmakologi di Suku Dayak	99
BAB 5 Etnofarmakologi Suku Tengger	106
5.1 Pengantar Etnofarmakologi Suku Tengger	107
5.2 Metodologi Etnofarmasi Suku Tengger	109
5.3 Biodiversitas Tanaman Obat dan Penyakit yang Diobati	115
5.4 Tanaman Obat dengan Signifikansi Farmakologis Tinggi	124
BAB 6 Etnofarmakologi Komunitas Suku Jawa Lain	132
6.1 Pengantar Etnofarmakologi di Lereng Gunung Wilis	132
6.2 Metodologi Etnofarmakologi di Lereng Gunung Wilis	134
6.3 Pengetahuan Etnofarmakologi dan Biodiversitas Tumbuhan	138
6.4 Tumbuhan Obat Penting di Lereng Gunung Wilis	144
Daftar Pustaka	151
Biodata Penulis	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Struktur dasar Flavonoid	12
Gambar 2. 2. . Struktur dasar Flavon	13
Gambar 2. 3. Struktur Apigenin, salah satu senyawa Flavon.....	14
Gambar 2. 4. . Struktur dasar Flavonol	15
Gambar 2. 5. Struktur Quercetin, salah satu senyawa Flavonol.....	15
Gambar 2. 6. Struktur dasar Flavanol	16
Gambar 2. 7. . Struktur senyawa Cathecin, salah satu flavan-3-ol.....	16
Gambar 2. 8. Struktur dasar Antosianidin	17
Gambar 2. 9. Struktur senyawa Cyanin, salah satu Antosianidin dari Elderberry ..	18
Gambar 2. 10. Struktur Nikotina	21
Gambar 2. 11. Struktur Lobelina	22
Gambar 2. 12. Struktur senyawa Atropin.....	23
Gambar 2. 13. Struktur senyawa Kokain	24
Gambar 2. 14. Struktur senyawa Kinin	25
Gambar 2. 15. Struktur senyawa Kuinidin	25
Gambar 2. 16. Struktur senyawa Tubocurarin.....	26
Gambar 2. 17. Struktur senyawa Morfin.....	27
Gambar 2. 18. Struktur senyawa Kodein	27
Gambar 2. 19. Struktur senyawa Pilokarpin.....	28
Gambar 2. 20. Struktur senyawa Solasodin	29
Gambar 2. 21. Struktur senyawa Kafein	30
Gambar 2. 22. Struktur senyawa Teofilin	30
Gambar 2. 23. Struktur senyawa Teobromin.....	31
Gambar 2. 24. Reaksi oksidasi alkaloid Prolizidin dalam mitokondria.....	32
Gambar 2. 25. Alur kerja umum yang digunakan untuk studi metabolomik tanaman berbasis MS atau NMR.....	46
Gambar 4. 1. Peta Bali yang menunjukkan lokasi desa-desa yang disurvei. Desa-desa terletak di pesisir dan di daratan, pada ketinggian yang berbeda.	80
Gambar 4. 2. Model praktik etnomedisin pencegahan dan pengobatan penyakit malaria masyarakat Suku Tetun	97
Gambar 5. 1. Lokasi wilayah penelitian, terdiri dari tujuh desa Suku Tengger di empat kabupaten berbeda di sekitar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, Jawa Timur, Indonesia	110
Gambar 5. 2. A) Bagian Tanaman yang Digunakan, B) Persiapan, dan C) Cara Pemberian Tanaman Obat di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru	123
Gambar 5. 3. Lima jenis tumbuhan dengan nilai SUV tinggi Suku Tengger di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru	124
Gambar 5. 4. Lima jenis tumbuhan dengan nilai FL tinggi Suku Tengger di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru	125
Gambar 5. 5. Profil kromatogram ekstrak <i>E. longifolius</i> menggunakan UPLC-QToF-MS/MS	126
Gambar 5. 6. Penilaian aktivitas antibakteri menggunakan ekstrak <i>E. longifolius</i> terhadap <i>S. aureus</i> pada konsentrasi 2,5 mg/mL (A1), 5 mg/mL (A2), 10 mg/mL	

(A3), 20 mg/mL (A4), 40 mg/mL (A5), dengan kontrol negatif (A6) dan kontrol positif (A7). Digambarkan juga hasil uji aktivitas antibakteri terhadap <i>S. dysenteriae</i> pada konsentrasi 2,5 mg/mL (B1), 5 mg/mL (B2), 10 mg/mL (B3), 20 mg/mL (B4), 40 mg/mL (B5), bersama dengan kontrol negatif (B6) dan kontrol positif (B7)....	131
Gambar 6. 1. Lokasi wilayah penelitian, delapan desa di lereng utara Gunung Wilis, Jawa Timur, Indonesia	134
Gambar 6. 2. Pemanfaatan bagian tanaman, penyiapan, dan pemberian tanaman obat pada masyarakat lereng utara Gunung Wilis.....	143
Gambar 6. 3. Profil kromatogram ekstrak <i>T. diversifolia</i> menggunakan UPLC-QToF-MS/MS	146
Gambar 6. 4. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak <i>T. diversifolia</i> terhadap <i>B. subtilis</i> . (A) Konsentrasi 2,5 mg/mL, (B) Konsentrasi 5 mg/mL, (C) Konsentrasi 10 mg/mL, (D) Konsentrasi 20 mg/mL, (E) Konsentrasi 40 mg/mL, (F) Kontrol positif (kloramfenikol), dan (G) Kontrol negatif (DMSO).....	149
Gambar 6. 5. Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak <i>T. diversifolia</i> terhadap <i>E. coli</i> . (A) Konsentrasi 2,5 mg/mL, (B) Konsentrasi 5 mg/mL, (C) Konsentrasi 10 mg/mL, (D) Konsentrasi 20 mg/mL, (E) Konsentrasi 40 mg/mL, (F) Kontrol positif (kloramfenikol), dan (G) Kontrol negatif (DMSO).....	149

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Perbandingan studi etnobotani dan etnofarmasi yang diterbitkan dalam Journal of Ethnopharmacology dalam hal tujuan utama, kuantifikasi, desain studi umum, dan potensi penggunaan lebih lanjut dari informasi yang dikumpulkan.	52
Tabel 5. 1. Tanaman Obat yang dimanfaatkan di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru, Jawa Timur, Indonesia, meliputi famili, nama spesies, nama lokal, bagian yang dimanfaatkan, penyakit yang diobati, penyiapan dan pemberiannya	116
Tabel 5. 2. Kelompok penyakit dan permasalahan kesehatan yang dapat diatasi dengan tanaman obat di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru	122
Tabel 5. 3. Profil fitokimia ekstrak buah <i>E. longifolius</i> menggunakan UPLC-QToF-MS/MS.....	127
Tabel 5. 4. Uji skrining antimikroba ekstrak etanol <i>E. longifolius</i> terhadap <i>S. aureus</i> dan <i>S. dysenteriae</i>	130
Tabel 6. 1. Karakteristik demografi dan sumber informasi pengetahuan etnomedis tradisional masyarakat lereng utara Gunung Wilis	138
Tabel 6. 2. Tumbuhan Obat yang dimanfaatkan masyarakat lereng utara Gunung Wilis meliputi: famili, nama jenis, nama lokal, bagian yang dimanfaatkan, penyakit yang diobati, penyiapan, pemberian dan nilai guna.....	139
Tabel 6. 3. Kategori penyakit dan permasalahan kesehatan yang ditangani oleh tanaman obat di masyarakat lereng utara Gunung Wilis	143
Tabel 6. 4. Profil fitokimia ekstrak daun <i>T. diversifolia</i>	146
Tabel 6. 5. Uji skrining antimikroba ekstrak etanol <i>T. diversifolia</i> terhadap bakteri gram positif dan negatif.....	148

SINOPSIS BUKU

Etnofarmakologi menggabungkan ilmu farmasi dengan pengetahuan lokal dan keanekaragaman tumbuhan. Pembaca diajak memahami pemanfaatan tumbuhan obat dalam budaya dan tradisi masyarakat, serta bagaimana tumbuhan menjadi elemen penting dalam perjalanan empirik manusia.

Buku ini menjelajahi etnofarmakologi, merinci konsep dasar, metodologi penelitian, dan penerapan pengetahuan dalam praktik pengobatan tradisional secara sistematis. Harapan kami, pembaca memperoleh wawasan tentang hubungan ilmu pengetahuan modern dan kearifan lokal.

Buku ini tidak hanya kumpulan informasi, tapi juga kontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan dan pelestarian kearifan lokal. Penulis mendeskripsikan penelitiannya di kawasan suku di Jawa Timur, memberikan dimensi khusus pada kajian etnofarmakologi. Penulis berharap buku memberikan manfaat dan inspirasi, menerima saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan. Buku ini bukan akhir, tapi awal perjalanan untuk mengembangkan pemahaman etnofarmakologi.

BAB 1

Pengantar Etnofarmakologi

Etnofarmakologi adalah bidang penelitian interdisipliner yang menggabungkan konsep dan metodologi dari berbagai disiplin ilmu. Meskipun berkembang pesat, terdapat kebingungan dalam istilah-istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan penelitian di bidang ini. Beberapa istilah yang umum digunakan melibatkan konsep-konsep seperti farmakognosi, fitoterapi, dan fitomedisin.

- **Farmakognosi:** Istilah ini pertama kali digunakan pada tahun 1811 oleh Johann Adam Schmidt. Farmakognosi secara luas digunakan untuk menjelaskan bidang penelitian yang berkaitan dengan tanaman obat dan produk alami. Ini mencakup identifikasi, isolasi, karakterisasi, dan pemanfaatan bahan-bahan bioaktif dari sumber alam.
- **Fitoterapi:** Istilah ini berasal dari konsep Perancis "phytothérapie" yang diperkenalkan oleh Henri Leclercq pada tahun 1913. Fitoterapi merujuk pada penggunaan tumbuhan obat atau produk alami untuk tujuan pengobatan. Ini melibatkan penelitian tentang efikasi dan keamanan tanaman obat dalam konteks pengobatan tradisional.
- **Fitomedisin:** Merupakan istilah yang lebih baru dan kurang dikenal secara internasional. Ini mengacu pada integrasi pengobatan herbal atau tumbuhan obat dalam konteks kedokteran modern. Fitomedisin mencakup pendekatan yang menggabungkan pengetahuan tradisional tentang penggunaan tanaman obat dengan penelitian ilmiah modern.

Meskipun istilah-istilah ini dapat memiliki konsep dan metodologi yang relatif serupa, masing-masing ditempatkan dalam tradisi penelitian

tertentu dan sering kali digunakan sesuai dengan konteks dan fokus penelitian yang spesifik. Memang, dalam bidang yang kompleks seperti etnofarmakologi, seringkali terdapat tumpang tindih dan variasi istilah yang mencerminkan fokus dan pendekatan penelitian yang berbeda. Sebagai tambahan istilah-istilah yang telah disebutkan, berikut adalah beberapa istilah yang dapat ditemui:

- **Penelitian Tanaman Obat:** Fokus pada investigasi tanaman-tanaman yang memiliki potensi untuk pengobatan. Ini dapat melibatkan penelitian terkait dengan identifikasi senyawa aktif, sifat farmakologis, dan pemanfaatan dalam pengobatan.
- **Penelitian Produk Alami:** Istilah ini lebih luas dan mencakup segala bentuk produk alami yang dapat digunakan dalam berbagai konteks, termasuk makanan, kosmetik, dan pengobatan. Dalam konteks etnofarmakologi, penelitian produk alami dapat mencakup penelitian terhadap bahan-bahan alam yang digunakan dalam pengobatan tradisional.
- **Fitoterapi Rasional:** Ini merujuk pada penggunaan tanaman obat dalam praktik medis berbasis sains. Fokusnya lebih pada pendekatan yang teruji secara ilmiah dalam menggunakan tanaman obat untuk tujuan pengobatan.

Dengan berbagai istilah yang mencerminkan bidang penelitian yang berbeda-beda, etnofarmakologi secara umum dapat dianggap sebagai ilmu yang mengintegrasikan konsep dan metode sosiokultural untuk memahami cara berbagai kelompok masyarakat memanfaatkan produk alami, terutama tanaman obat, dalam konteks pengobatan. Ini mencakup aspek-aspek seperti pengetahuan lokal, praktik pengobatan tradisional, dan dinamika sosial budaya yang mempengaruhi pemanfaatan tanaman obat.

1.1 Pengertian dan Konsep Etnofarmakologi

Etnofarmakologi bukan hanya memahami tanaman obat dari sudut pandang kimia atau farmakologis, tetapi juga memperhatikan konteks budaya, kepercayaan, dan praktik masyarakat yang menggunakan tanaman tersebut. Dengan demikian, etnofarmakologi menciptakan jembatan antara ilmu alam dan ilmu sosial untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pengobatan tradisional dan pemilihan tanaman obat dalam berbagai komunitas masyarakat di seluruh dunia. Walaupun banyak istilah menyebutkan ilmu yang dimaksud, contohnya: *Etnomedisin*, *Etnofarmasi*, atau *Etnobotani Tumbuhan Obat*; tetapi istilah Etnofarmakologi lebih dapat mewakili.

Etnofarmakologi adalah disiplin ilmu yang mendalami konsep dan metode sosiokultural dalam memahami penggunaan bahan alam dalam pengobatan tradisional oleh berbagai kelompok masyarakat.

1.2 Ruang Lingkup Etnofarmakologi

Dalam pengertiannya, etnofarmakologi mencakup aspek sosial dan budaya dalam studi tanaman obat, melibatkan praktik pengobatan yang terkait dengan kepercayaan dan tradisi masyarakat. Ruang lingkup etnofarmakologi tidak terbatas pada analisis kimia atau farmakologis tanaman obat, tetapi juga memasukkan dimensi budaya. Berbeda dengan ilmu alam yang mungkin hanya fokus pada komponen-komponen kimia suatu tumbuhan, etnofarmakologi mengeksplorasi penggunaan tanaman obat dalam konteks kehidupan sehari-hari dan kepercayaan masyarakat.

Etnofarmakologi bertindak sebagai jembatan yang menghubungkan ilmu alam dan ilmu sosial. Ini mengakui bahwa tanaman obat tidak hanya dilihat sebagai sumber senyawa aktif, tetapi juga sebagai entitas budaya

yang terlibat dalam tradisi pengobatan. Ruang lingkup etnofarmakologi bersifat multidisipliner, mencakup pengetahuan dari berbagai bidang seperti botani, kimia, antropologi, dan farmakologi. Pendekatan ini diperlukan untuk memahami secara holistik bagaimana masyarakat menggunakan dan memandang tanaman obat.

Studi etnofarmakologi tidak hanya menyoroti tanaman obat itu sendiri, tetapi juga memahami konsep di balik pemilihan tanaman tersebut dalam pengobatan tradisional. Ini mencakup pemahaman tentang kepercayaan lokal, mitos, dan pengalaman budaya yang membentuk pemilihan tersebut. Etnofarmakologi tidak membatasi diri pada satu kelompok masyarakat atau budaya tertentu. Ruang lingkungannya mencakup pengobatan tradisional di berbagai komunitas di seluruh dunia, memberikan gambaran yang lebih luas tentang diversitas praktik pengobatan.

Meskipun istilah seperti etnomedisin, etnofarmasi, atau etnobotani tumbuhan obat digunakan untuk merujuk pada studi serupa, etnofarmakologi dianggap lebih inklusif dan mewakili secara lebih luas pendekatan multidimensional terhadap penelitian ini. Konteks budaya memegang peranan penting dalam etnofarmakologi. Studi ini memperhatikan bagaimana nilai-nilai budaya, kepercayaan, dan praktik lokal membentuk penggunaan tanaman obat dalam suatu masyarakat.

Dengan merangkul aspek-aspek budaya, etnofarmakologi memberikan pemahaman mendalam tentang pengobatan tradisional. Ini tidak hanya memandang tanaman obat sebagai sumber bahan aktif, tetapi juga sebagai bagian integral dari warisan budaya suatu komunitas.

BAB 2

Tumbuhan dan Penemuan Obat

Tantangan besar dalam menghadapi penyakit menular dan tidak menular memerlukan penemuan kandidat obat yang efektif dengan minim efek samping. Meskipun telah ada kemajuan dalam pengembangan obat untuk kondisi seperti HIV/AIDS, malaria, hipertensi, diabetes, dan kanker, angka kematian masih signifikan. Diperlukan pendekatan penemuan obat yang inovatif, yang berbeda dari model "*blockbuster*" yang dominan dalam riset farmasi saat ini. Saat ini, pendekatan yang relevan adalah eksplorasi alam untuk mencari solusi, mengingat keberhasilannya dalam penemuan obat di masa lalu. Contoh seperti Taxol (*Taxus brevifolia*) dan Vinblastine (*Catharanthus roseus*) untuk kanker, serta kina (*Cinchona spp.*) dan Artemisinin (*Artemisia annua*) untuk malaria, semuanya berasal dari produk alami dan efektif dalam pengobatan. Dalam mengatasi tantangan kesehatan global, penelitian dan pengembangan produk alami memiliki potensi besar dalam penemuan obat yang inovatif.

Tumbuhan dapat ditemukan di berbagai habitat dan sebagian besar tersebar di daratan. Dalam menghadapi tekanan dan tantangan lingkungan, tanaman menghasilkan beragam molekul untuk melawan serangan hewan dan gangguan lingkungan. Molekul-molekul ini juga memberikan tanaman kemampuan untuk menghasilkan wewangian, warna, dan bahkan sifat toksis. Catatan sejarah menunjukkan bahwa manusia purba telah menggunakan tanaman untuk tujuan pengobatan, sebuah proses *trial and error* yang meringankan gejala penyakit. Sebelum adanya penulisan sejarah, pengetahuan ini ditransmisikan secara lisan dari generasi ke generasi. Tanaman yang tercatat dalam catatan awal umumnya memiliki sifat obat dan digunakan untuk mengatasi berbagai kondisi patologis.

Produk alami dari tumbuhan dan hewan menjadi sumber obat utama, terutama untuk agen antikanker dan antimikroba. Meskipun pengobatan tradisional pernah diungguli oleh pendekatan modern, beberapa dekade terakhir menyaksikan peningkatan penggunaan tanaman obat untuk kesehatan dan pengobatan di berbagai negara, termasuk negara maju. Bahkan, sejumlah ekstrak tumbuhan obat sekarang diakui sebagai obat resep di negara-negara maju seperti Inggris, Jerman, Cina, Perancis, Indonesia, dan bahkan negara-negara berkembang lainnya.

Sekitar 25% dari seluruh obat yang disetujui oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) dan/atau Badan Medis Eropa (EMA) berasal dari tumbuhan, termasuk obat terkenal seperti Paclitaxel dan Morfin. Sebanyak sepertiga dari obat yang disetujui FDA dalam 20 tahun terakhir didasarkan pada produk alami atau turunannya. Penemuan penisilin dari jamur membuka jalan bagi penelitian antibiotik potensial dari berbagai mikroorganisme. Penemuan obat dari produk alami telah mengubah paradigma pengobatan, termasuk tetrasiklin dari *Streptomyces aureofaciens*, artemisinin dari *Artemisia afra*, doxorubicin dari *Streptomyces peuceitius*, dan siklosporin dari *Tolypocladium inflatum*. Tradisionalnya, ekstrak tumbuhan digunakan dalam ramuan yang terdiri dari kombinasi berbagai bahan, di mana beberapa bahan sendiri tidak memiliki aktivitas terapeutik tetapi memerlukan aktivitas sinergis.

Namun, penggunaan produk alami saat ini dihadapkan pada tantangan dan kesulitan, termasuk: (1) kurangnya prosedur standarisasi, (2) kurangnya isolasi produk atau senyawa kimia murni, (3) kurangnya penjelasan mekanisme biologis dan keterbatasan uji klinis terkontrol, dan (4) dokumentasi sesuai standar. Meskipun terdapat bukti ilmiah tentang efektivitas terapeutik produk alami, kurangnya pemahaman mendalam atas mekanisme biologis seringkali menjadi hambatan. Seiring berkembangnya

obat konvensional dari produk alami yang terbukti berhasil, penemuan obat baru dari sumber ini semakin sulit karena kompleksitas campuran molekulnya. Aktivitas terapeutik ekstrak tumbuhan seringkali berasal dari aksi sinergis beberapa bahan kimia. Menghadapi kompleksitas penyakit seperti kanker dan penyakit degeneratif, penemuan obat yang tergantung pada senyawa tunggal gagal memberikan solusi yang memadai. Oleh karena itu, penemuan obat dari tumbuhan harus melibatkan pendekatan kombinatorial dalam mengevaluasi kandidat senyawa. Kemajuan teknologi, seperti komputasi kuantum, profil metabolit, biologi komputasi, *big data*, mikrofluida, dan kecerdasan buatan, diharapkan dapat memfasilitasi penelitian ini dengan memahami efek molekuler dalam kondisi fisiologis.

Namun, ada kemungkinan bahwa tidak semua komponen ekstrak tumbuhan memberikan efek yang dapat diukur. Oleh karena itu, beberapa strategi inovatif telah diajukan untuk menyaring dan menyederhanakan ekstrak, termasuk eliminasi komponen pengganggu seperti tanin polifenol. Berbagai metode pra-fraksinasi dan ekstraksi, seperti ekstraksi semi-bionik, ekstraksi cairan superkritis, ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro, ultrasonik, dan enzim, distilasi molekuler, serta pemisahan membran, telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil penemuan obat. Teknologi ekstraksi inovatif ini memungkinkan proses ekstraksi yang efisien dari tanaman, serupa dengan metode tradisional namun dengan hasil yang lebih tinggi.

Teknologi seperti kromatografi cair kinerja tinggi, spektroskopi resonansi magnetik nuklir, spektrometri massa, mikrofluida, dan algoritma komputasi telah mengalami kemajuan signifikan dalam bidang kimia obat, terutama pada abad ke-20. Kemajuan ini memungkinkan identifikasi komponen kimia dalam tanaman dan pemanfaatannya dalam penemuan

obat. Pengujian *throughput* tinggi menggunakan bioreaktor dan sistem mikrofluida telah memberikan kontribusi besar dalam penemuan obat berbasis produk alami tumbuhan. Contohnya, opium dan morfin berasal dari tanaman dan telah digunakan dalam klinik dan rumah sakit dengan menggunakan analog struktural. Beberapa tanaman, seperti *Launaea taraxacifolia* dan *Brucea javanica* (L.) Merr., telah menunjukkan potensi sebagai obat antikanker melalui penelitian aktivitas biologis.

Kendati demikian, penggunaan teknologi tinggi dalam penyaringan *throughput* tinggi juga dihadapkan pada beberapa tantangan. Konvensi Rio tentang Keanekaragaman Hayati, sebagai contoh, memiliki dampak terbatas pada penggunaan produk alami dan terkait dengan hak kekayaan intelektual, menyebabkan keterbatasan akses terhadap produk alami karena kekhawatiran akan kepunahan spesies alami. Strategi penemuan obat dan pengobatan modern saat ini lebih memilih penggunaan senyawa tunggal daripada ekstrak tumbuhan utuh, berbeda dengan pendekatan pengobatan tradisional. Namun, penelitian menunjukkan bahwa konsumsi seluruh tumbuhan atau ekstraknya tanpa isolasi komponen dapat memberikan efek terapeutik yang lebih baik, karena sebagian besar metabolit tumbuhan bekerja secara sinergis atau bersama-sama untuk memberikan efek terapeutik pada ekstrak tumbuhan. Oleh karena itu, penelitian terhadap penggunaan ekstrak tumbuhan utuh menjadi penting untuk memahami dasar molekuler dari efek terapeutik tersebut. Sebagai contoh, obat herbal anti asma yang terbuat dari ekstrak *Ganoderma lucidum*, *Glycyrrhiza uralensis*, dan *Sophora flavescens* telah menunjukkan efek sinergis dalam meredakan bronkokonstriksi pada model hewan. Penerapan Cara Manufaktur yang Baik telah meningkatkan penggunaan obat-obatan nabati, banyak di antaranya menjalani uji klinis untuk persetujuan FDA. Studi juga menunjukkan bahwa kombinasi senyawa seperti katekin dan resveratrol,

serta asam caffeic dan resveratrol, memiliki efek sinergis dalam uji antioksidan. Sinergi juga teramati antara tanaman etnomedisinal dari keluarga Apocynaceae dan antibiotik terhadap isolat klinis *Acinetobacter baumannii*. Beberapa penelitian lain juga menyoroti efek sinergis antara berbagai ekstrak tumbuhan dan obat konvensional, termasuk doxorubicin.

Dalam menghadapi tantangan kesehatan global, rancangan obat yang inovatif dari produk alami menjadi suatu kebutuhan, dan teknologi berperan penting dalam pencapaian ini. Salah satu aspek kunci adalah pengembangan metode komputasi dan analisis yang baru dan inovatif untuk mengidentifikasi komponen kimia dalam ekstrak tumbuhan mentah. Hal ini sangat penting untuk menemukan senyawa yang dapat memberikan efek terapeutik yang diinginkan dan mengoptimalkan proses ekstraksi untuk menghilangkan komponen yang dapat mengganggu. Fokus penelitian perlu bergeser menuju pemahaman efek kombinatorial bahan kimia dalam ekstrak tumbuhan, tidak hanya pada senyawa tunggal. Pentingnya menjelajahi bagaimana kombinasi ini memengaruhi gen dan protein yang terlibat dalam berbagai proses seluler menjadi dasar penelitian, dengan memanfaatkan platform "-omics" yang tersedia.

Integrasi mikrofluida dan analisis komputasi telah memfasilitasi perancangan dan pengujian bahan kimia yang berasal dari ekstrak tumbuhan dalam penemuan obat. Kemajuan teknologi, termasuk pengembangan teknik analisis dan bioinformatika baru, akan memberikan kontribusi besar dalam perancangan, sintesis, dan pengujian biologis senyawa baru. Produk alami menawarkan sumber senyawa yang melimpah, memberikan bahan baku berharga untuk menciptakan produk molekuler yang penting secara farmakologis.

Beberapa inovasi besar saat ini terjadi di berbagai bidang ini. Terdapat pemahaman yang semakin meningkat akan peran penting

teknologi "-omics", otomasi, dan analisis data besar dalam perancangan dan pengujian obat. Pendekatan ini memungkinkan produksi obat yang cepat dan mendukung perancangan obat dengan bantuan komputer dari produk alami nabati.

2.1 Senyawa Metabolit Sekunder Tumbuhan

Senyawa metabolit sekunder yang sering ditemukan pada tanaman meliputi alkaloid, flavonoid, steroid, saponin, terpenoid, dan tannin. Alkaloid dan flavonoid termasuk dua golongan senyawa yang memiliki peran signifikan dalam ilmu kefarmasian. Alkaloid adalah senyawa yang umumnya mengandung nitrogen dalam struktur kimianya, dan banyak ditemukan dalam berbagai tumbuhan sebagai metabolit sekunder. Beberapa contoh alkaloid meliputi nikotina dalam tembakau dan morfina dalam opium. Sementara itu, flavonoid adalah kelompok senyawa fenol yang tersebar luas dalam tanaman. Senyawa-senyawa ini memiliki peran penting dalam memberikan warna pada bunga dan buah serta memiliki potensi aktivitas antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan manusia. Kedua golongan senyawa ini menjadi fokus utama dalam penelitian farmasi karena potensi efek farmakologisnya yang beragam.

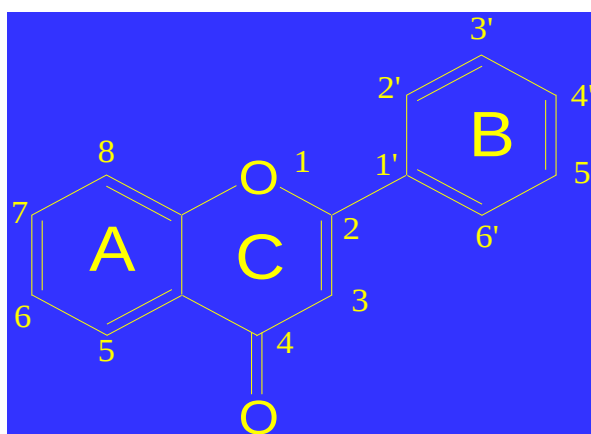
Flavonoid

Flavonoid dikenal dengan banyaknya jenisnya, yang disebabkan oleh variasi substituen pada struktur dasarnya. Kerangka dasar flavonoid terdiri dari 15 atom karbon yang membentuk dua cincin benzena (C₆), dihubungkan oleh rantai propana, sehingga dapat direpresentasikan sebagai C₆-C₃-C₆.

Flavonoid merupakan kelompok senyawa yang mencakup berbagai jenis, dengan beberapa di antaranya mencapai status flavonoid mayor.

Dalam kategori ini, terdapat subdivisi yang mencakup flavon, flavonol, flavanol, dan antosianin. Setiap subdivisi ini memiliki karakteristik dan sifat khas yang membedakan satu sama lain, termasuk perbedaan dalam struktur kimia dan potensi aktivitas biologis. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang flavonoid dan subdivisinya menjadi penting dalam eksplorasi etnofarmakologi, karena senyawa-senyawa ini sering kali berkontribusi pada efek farmakologis tumbuhan yang dimanfaatkan oleh berbagai masyarakat tradisional. Bab ini akan membahas dengan rinci masing-masing subdivisi flavonoid serta peran dan kegunaannya dalam kerangka konteks etnofarmakologi.

Dalam konteks Flavonoid Minor, terdapat beberapa subdivisi tambahan yang melengkapi keragaman senyawa flavonoid dalam kategori ini. Subdivisi ini mencakup kalkon (Compositae), auron (Compositae), flavanon (Leguminosae, Iridaceae), dan isoflavon (Leguminosae). Flavonoid minor ini memperkaya pemahaman kita tentang beragam senyawa fenol dalam tumbuhan, khususnya dalam kelompok flavonoid.



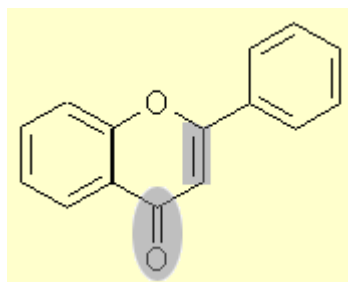
Gambar 2. 1. Struktur dasar Flavonoid

Variasi struktur pada flavonoid minor ini disebabkan oleh tingkat hidroksilasi, alkoksilasi, dan glikosilasi. Seiring dengan perbedaan

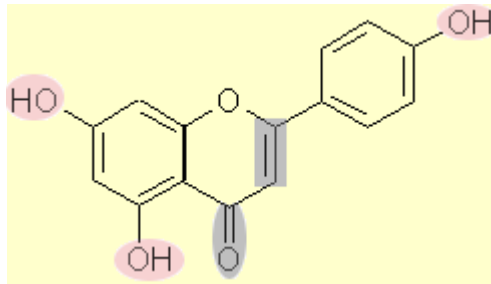
struktural ini, masing-masing subdivisi flavonoid minor dapat menunjukkan sifat-sifat uniknya sendiri. Hal ini menciptakan keragaman dalam manfaat farmakologis dan penggunaan tradisional tumbuhan yang mengandung flavonoid minor. Bab ini akan membahas lebih lanjut tentang struktur, sifat, serta peran flavonoid minor dalam kerangka etnofarmakologi, memberikan wawasan mendalam tentang kontribusi senyawa ini terhadap kekayaan pengetahuan tradisional dan pengobatan herbal.

1. Flavon

Struktur dasar flavonoid ini membentuk kerangka utama yang disebut flavon skeleton, dengan =O yang terletak pada posisi 4 dan ikatan rangkap antara karbon 2 dan 3. Struktur spesifik yang diberikan sebagai contoh disebut Apigenin, yang merupakan salah satu flavonoid dengan penambahan gugus -OH pada posisi 5, 7, dan 4'. Apigenin, sebagai senyawa golongan flavonoid, memiliki peran penting dalam bidang farmasi dan dapat ditemukan dalam tumbuhan obat dan makanan, termasuk seledri.



Gambar 2. 2. . Struktur dasar Flavon

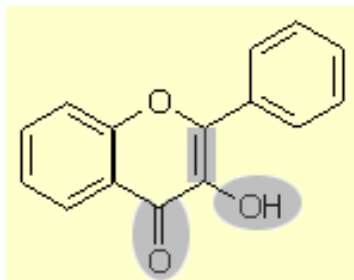


Gambar 2. 3. Struktur Apigenin, salah satu senyawa Flavon

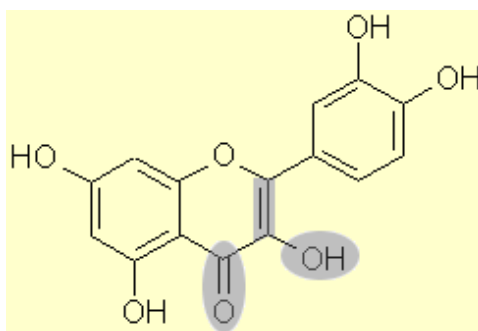
Contoh flavonoid lainnya adalah Luteolin, yang hadir pada paprika merah (red sweet peppers). Luteolin memiliki struktur yang serupa dengan Apigenin, namun dengan variasi tertentu dalam penempatan gugus -OH. Kehadiran flavonoid seperti Luteolin dalam sumber daya alam, seperti paprika merah, menambahkan dimensi baru dalam pemahaman mengenai senyawa bioaktif yang dapat diakses melalui konsumsi makanan sehari-hari. Pemahaman ini memainkan peran penting dalam konteks etnofarmakologi, di mana pengetahuan tentang senyawa-senyawa seperti Luteolin dapat memberikan dasar untuk pemanfaatan tanaman dalam praktik pengobatan tradisional.

2. Flavonol

Flavonol memiliki struktur dasar yang membentuk kerangka utama yang disebut flavonol skeleton, dengan -OH terletak pada posisi 3 dan =O pada posisi 4. Perbedaan kunci dengan Flavanol adalah adanya ikatan rangkap di antara karbon 2 dan 3 pada cincin C. Struktur spesifik yang diberikan sebagai contoh disebut Quercetin, yang merupakan salah satu jenis flavonol.



Gambar 2. 4. . Struktur dasar Flavonol

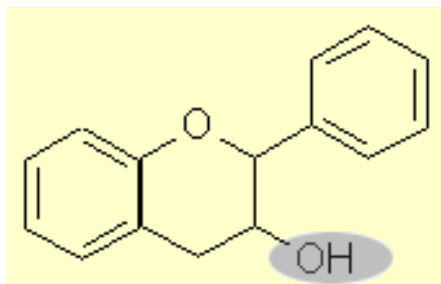


Gambar 2. 5. Struktur Quercetin, salah satu senyawa Flavonol

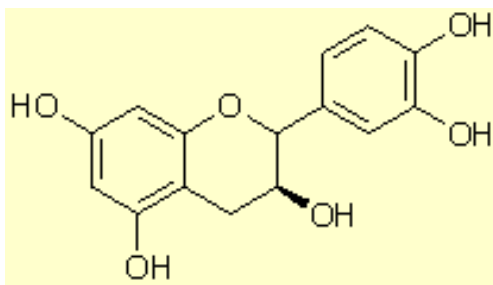
Quercetin, sebagai representasi flavonol, memiliki ciri khas dengan keberadaan gugus -OH pada posisi 3 dan =O pada posisi 4, serta ikatan rangkap di antara karbon 2 dan 3 pada cincin C. Senyawa ini banyak ditemukan pada bawang merah dan telah dikenal memiliki bioaktivitas sebagai antioksidan. Kehadiran Quercetin dalam bawang merah menunjukkan bahwa tumbuhan dapat menjadi sumber potensial senyawa bioaktif, yang kemudian dapat memberikan kontribusi pada khasiat tumbuhan tersebut dalam pengobatan tradisional atau penggunaan makanan untuk tujuan kesehatan. Dalam konteks etnofarmakologi, pengetahuan tentang flavonol seperti Quercetin dapat menjadi dasar untuk memahami pemanfaatan tumbuhan oleh masyarakat dalam praktek keseharian mereka.

3. Flavanol

Flavanol memiliki struktur dasar yang membentuk kerangka utama yang disebut flavan-3-ol skeleton. Struktur inti flavan ini memiliki gugus -OH pada posisi 3 di cincin. Struktur spesifik yang diberikan sebagai contoh disebut Catechin, yang merupakan salah satu jenis flavan-3-ol.



Gambar 2. 6. Struktur dasar Flavanol



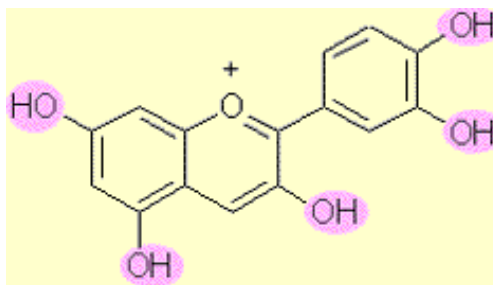
Gambar 2. 7 . Struktur senyawa Cathecin, salah satu flavan-3-ol

Catechin, sebagai representasi flavan-3-ol, memiliki ciri khas dengan struktur flavan-3-ol skeleton, yang mencakup gugus -OH pada posisi 3 di cincin. Senyawa ini banyak ditemukan pada berbagai sumber, termasuk green tea, cocoa powder, red wine, bilberry, dan beberapa tumbuhan herbal lainnya. Keberadaan Catechin dalam berbagai produk seperti green tea dan red wine menunjukkan bahwa flavan-3-ol dapat

menjadi konstituen penting dalam makanan sehari-hari, memberikan dampak pada bioaktivitas senyawa sebagai antioksidan. Dalam perspektif etnofarmakologi, pengetahuan tentang flavan-3-ol seperti Catechin dapat memperkaya pemahaman mengenai manfaat kesehatan yang mungkin ditemukan dalam penggunaan tradisional tumbuhan dan makanan oleh masyarakat.

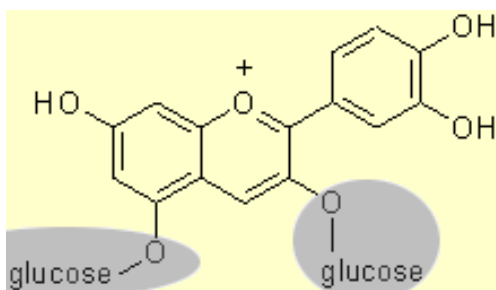
4. Antosianidin

Antosianidin adalah kelompok senyawa yang mencakup berbagai aglikon, salah satunya adalah Cyanidin. Struktur dasar Cyanidin melibatkan antosianidin dengan memiliki 4 atau lebih gugus -OH pada posisi 3, 5, 7, 4', dan 5'. Cyanidin banyak terdapat dalam berbagai sumber, termasuk anggur, bilberry, blueberries, black cherry, dan cocoa powder.



Gambar 2. 8. Struktur dasar Antosianidin

Contoh spesifik dari antosianidin ini adalah Cyanin, yang merupakan glikosida dari Cyanidin. Struktur Cyanin berbeda dari Cyanidin karena adanya gugus molekul glukosa yang menggantikan gugus -OH pada posisi 3 dan 5. Cyanin secara khusus ditemukan melimpah dalam tanaman Elderberry.



Gambar 2. 9. Struktur senyawa Cyanin, salah satu Antosianidin dari Elderberry

Pengetahuan tentang senyawa seperti Cyanidin dan Cyanin menjadi penting dalam konteks etnofarmakologi, terutama dalam pemahaman tentang manfaat yang mungkin terkandung dalam tumbuhan obat tradisional atau makanan yang dikonsumsi oleh masyarakat. Hal ini dapat membuka wawasan terkait dengan pemanfaatan tanaman tertentu yang mengandung antosianidin dalam pengobatan atau pengaturan kesehatan secara tradisional.

5. Khalkon

Khalkon, bersama dengan Auron, termasuk dalam kelompok senyawa yang disebut 'Antoklor', yang merupakan pigmen kuning yang ditemukan pada daun bunga. Sifat unik dari Khalkon adalah kemampuannya untuk mengalami perubahan warna ketika terpapar basa atau diuapi dengan uap amonia, yang menyebabkan perubahan warna dari kuning menjadi jingga hingga merah.

Senyawa dihidrokhalkon, yang diisolasi dari apel, terkait dengan ketahanan tubuh. Penemuan senyawa ini dalam apel menunjukkan potensi hubungan antara konsumsi buah-buahan tertentu dengan peningkatan ketahanan tubuh. Penelitian lebih lanjut terkait dengan senyawa seperti khalkon dapat memberikan wawasan tentang manfaat

kesehatan yang terkandung dalam makanan tertentu, yang relevan dengan bidang etnofarmakologi dan kesehatan masyarakat.

6. Auron

Auron, sebagai salah satu flavonoid minor, memiliki kekhasan distribusi yang mencolok pada suku Compositae, bersama dengan khalkon. Aureusidin, suatu senyawa yang termasuk dalam kelompok auron, diisolasi dari *Antirrhium* sp. Penemuan senyawa ini dalam tumbuhan *Antirrhium* sp. menambah pemahaman kita tentang keberagaman senyawa kimia dalam suku Compositae. Melalui isolasi dan identifikasi senyawa seperti aureusidin, kita dapat mengeksplorasi potensi manfaatnya dalam konteks etnofarmakologi dan farmakologi modern. Studi lebih lanjut terhadap senyawa ini dapat membuka pintu untuk pemahaman lebih mendalam tentang sifat-sifat bioaktif yang mungkin dimilikinya dan kontribusinya terhadap keanekaragaman hayati tumbuhan.

Alkaloid

Golongan alkaloid merupakan senyawa bahan alam yang memiliki unsur nitrogen dalam struktur kimianya, biasanya tersusun dalam struktur yang heterosiklik. Alkaloid berbeda dengan protein, meskipun keduanya mengandung unsur nitrogen. Alkaloid termasuk dalam kategori senyawa metabolit sekunder, yang berarti mereka tidak secara langsung terlibat dalam proses metabolisme primer organisme. Sebaliknya, protein dianggap sebagai metabolit primer yang esensial untuk proses biologis dasar.

Alkaloid dapat dihasilkan oleh berbagai sumber bahan alam, termasuk tanaman, hewan, bakteri, dan jamur. Namun, distribusi dan kandungan alkaloid terbesar cenderung terdapat dalam tanaman. Tanaman

menjadi sumber utama alkaloid dalam kehidupan sehari-hari dan berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia, terutama dalam bidang farmakologi dan obat-obatan tradisional. Keanekaragaman senyawa alkaloid dalam tanaman memberikan kontribusi besar pada kekayaan hayati dan sumber daya alam yang dimiliki oleh flora global.

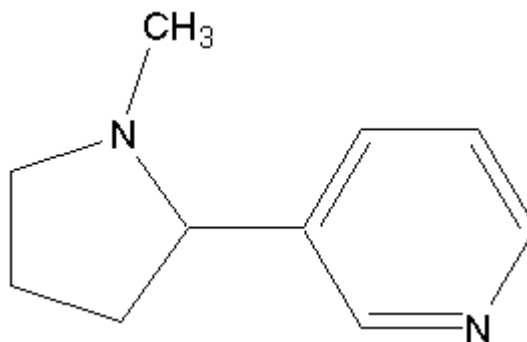
Alkaloid dapat dikelompokkan berdasarkan struktur kimia inti alkaloida, dan paling tidak terdapat sembilan kelompok alkaloid yang berbeda. Pertama, terdapat alkaloid dengan struktur inti piridina dan piperidina, yang mencakup contoh seperti arekolina, lobelina, dan nikotina. Kelompok berikutnya adalah alkaloid dengan struktur inti tropan, yang dihasilkan dari kondensasi pirolidina dan piperidina, termasuk atropina, hiosiamina, dan hiosina.

Kemudian, terdapat alkaloid dengan struktur inti kuinolina, seperti kinina, kuinidina, kinkonina, dan kinkonidina. Kelompok lainnya adalah alkaloid dengan struktur inti isokuinolina, yang melibatkan senyawa seperti hidrastina, tubokurarina, emetina, dan alkaloida opium. Alkaloid dengan struktur inti indol juga termasuk dalam kategori ini, mencakup senyawa seperti ergonovina, reserpenina, dan striknina.

Selanjutnya, alkaloid dengan struktur inti imidazol dan purina juga dapat diidentifikasi. Contoh alkaloid imidazol melibatkan senyawa imidazol tertentu. Di sisi lain, kelompok alkaloid dengan struktur inti steroida termasuk protoveratrina. Terakhir, terdapat alkaloid dengan struktur inti steroida, yang mencakup senyawa seperti protoveratrina. Keanekaragaman struktur ini memberikan gambaran tentang kompleksitas dan variasi senyawa alkaloid dalam dunia alam.

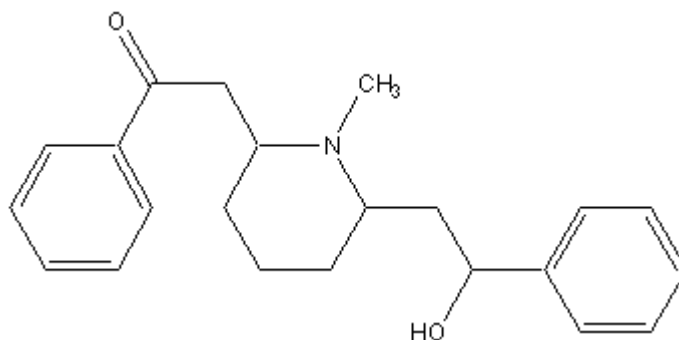
1. Alkaloid Piridina dan Piperidina

Alkaloid Piridina dan Piperidina merupakan senyawa yang tersebar luas pada beberapa spesies tumbuhan, dan contohnya melibatkan beberapa alkaloid utama. Pertama, Nikotina ditemukan pada tumbuhan tembakau, khususnya pada *Nicotiana tabacum* dari keluarga Solanaceae. Nikotina adalah alkaloid utama yang ditemukan dalam tembakau dan digunakan dalam pembuatan permen karet untuk mengatasi kecanduan rokok.



Gambar 2. 10. Struktur Nikotina

Selanjutnya, Arekolina, yang merupakan alkaloid piridina, ditemukan pada buah pinang. Buah pinang sering diracik dengan kapur dan sirih (*Piper betle*) serta gambir, dan digunakan sebagai masticatory stimulant oleh masyarakat India dan Indonesia. Arekolina, bersama dengan senyawa terkait seperti arekaidina, guvasina, dan guvakolina, memiliki aktivitas antihelmintik, digunakan untuk mengatasi cacing vermisidal maupun pita.



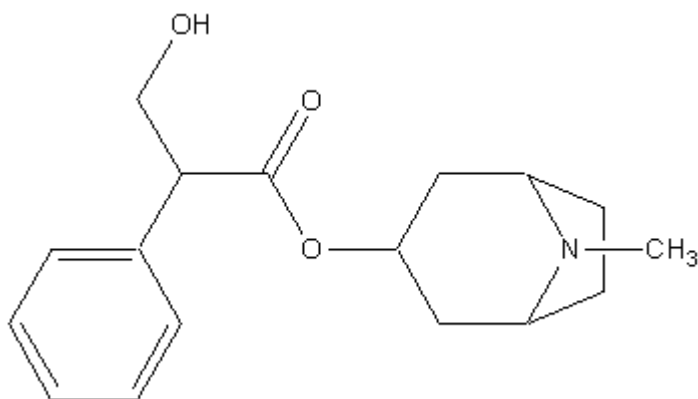
Gambar 2. 11. Struktur Lobelina

Lobelina adalah alkaloid lain dari kelompok ini yang ditemukan dalam daun kering *Lobelia*, yang juga dikenal sebagai Indian Tobacco. *Lobelia inflata*, tumbuhan penghasil lobelina, banyak terdapat di Amerika Serikat dan Kanada. Lobelina memiliki efek farmakologis mirip dengan nikotina tetapi dengan intensitas yang lebih ringan. Biasanya digunakan untuk membantu menghentikan kebiasaan merokok dan mengatasi kecanduan.

2. Alkaloid Tropan

Alkaloid Tropan mencakup beberapa senyawa yang memiliki struktur inti tropan, dan beberapa contoh alkaloid utama antara lain adalah Atropina, Hiosiamina, Skopolamina, dan Kokain.

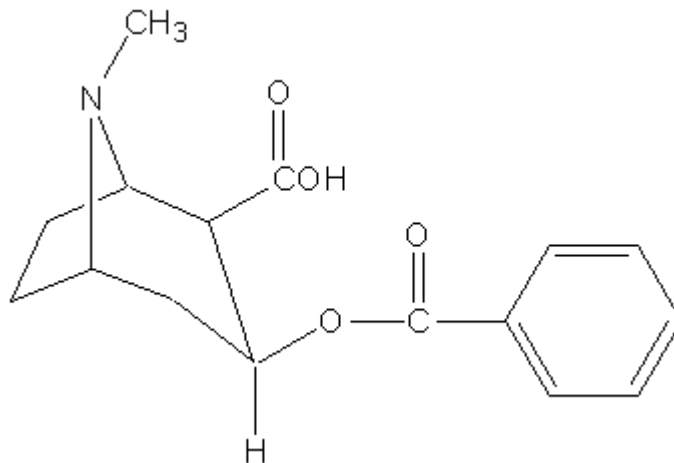
Atropina, diperoleh dari tanaman *Atropa belladonna* (familia Solanaceae), memiliki kandungan utama alkaloid atropina dan beladonina. Tanaman ini tumbuh di Eropa dan Asia. Atropina memiliki berbagai kegunaan, seperti sebagai spasmolitikum, pengobatan tukak lambung, anti-kejang, dan obat diare. Sediaan farmasi yang mengandung atropina antara lain Tincture Belladonna dan Ekstrak Belladonna.



Gambar 2. 12. Struktur senyawa Atropin

Hiosiamina dan skopolamina diperoleh dari *tanaman Hyosyamus niger* (familia Solanaceae) dengan kandungan alkaloid tidak lebih dari 0,04%. Keduanya memiliki kegunaan sebagai parasimpatolitik. *Datura stramonium*, juga penghasil alkaloid tropan, memiliki kandungan alkaloida total tidak kurang dari 0,25%, dengan kandungan utama hiosiamina dan skopolamina. Kegunaannya mirip dengan belladonina, seperti sebagai spasmolitikum, antikejang, dan obat diare.

Kokain, diperoleh dari tanaman *Erythroxylum coca* Lamarck (famili Erythroxylaceae), merupakan alkaloid tropan dengan kegunaan sebagai anestesi lokal, stimulan sistem saraf pusat (CNS), dan analgesik. Daun koka mengandung tiga tipe utama alkaloid, yaitu derivat ekogonina, derivat tropina, dan derivat higrina. Proses produksi kokain melibatkan pembuatan pasta daun koka, yang kemudian melalui serangkaian tahap pemisahan untuk memperoleh kokaina dalam bentuk garam.

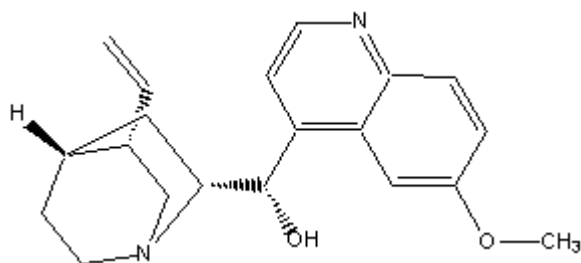


Gambar 2. 13. Struktur senyawa Kokain

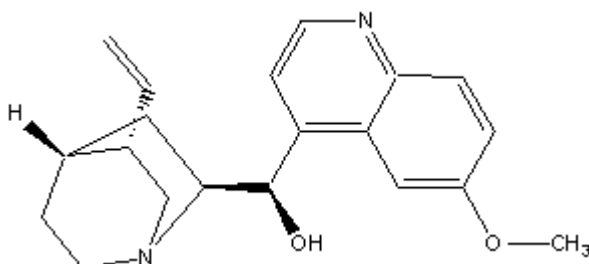
3. Alkaloid Kuinolina dan Isokuinolina

Alkaloid Kuinolina dan Isokuinolina mencakup senyawa-senyawa seperti Kinina dan Kuinidina, yang tersebar luas pada beberapa spesies tumbuhan. Contohnya, *Cinchonae Cortex* (*Cinchona succirubra*) adalah salah satu tanaman penghasil alkaloida kuinolina ini, bersama dengan *Remijia purdieana* Triana dan *Remijia pedunculata* Fluckiger (Famili Rubiaceae).

Cinchona succirubra, serta spesies lainnya seperti *Cinchona ledgeriana* dan *Cinchona calisaya*, merupakan tanaman yang dikenal sebagai perkebunan kina. Tanaman ini berasal dari daerah seperti Peru, Ekuador, India, dan sebelum Perang Dunia II, pulau Jawa (Indonesia) menjadi pemasok terbesar kina di dunia, menyumbang sekitar 90% produksi global. Kina dikenal mengandung berbagai jenis alkaloid, namun kinina, kuinidina, sinkonina, dan sinkonidina memiliki kadar terbesar, mencapai sekitar 6-7%.



Gambar 2. 14. Struktur senyawa Kinin



Gambar 2. 15. Struktur senyawa Kuinidin

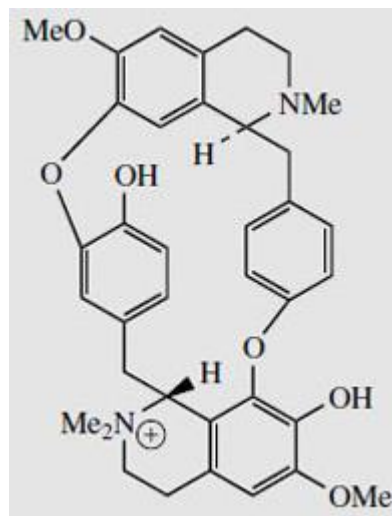
Kinina memiliki kegunaan terutama sebagai antimalaria. Sementara itu, kuinidina, sebagai stereoisomer dari kinina, digunakan sebagai obat jantung dengan efek antiaritmia. Umumnya, kuinidina tersedia dalam bentuk kuinidin sulfat dengan dosis yang dibagi menjadi 4-6 kali untuk mencapai dosis total sekitar 20 mg/kg berat badan.

4. Alkaloid Isokuinolin

Alkaloid Isokuinolina melibatkan sejumlah senyawa yang tersebar luas pada beberapa spesies tumbuhan, seperti Hidrastin dari *Hydrastis Rhizoma* dan *Radix (Hydrastis canadensis Linne)*, Sanguiranin dari *Sanguinariae Rhizome (Sanguinaria canadensis Linne)*, Tubocurarin dari batang dan kayu Curare, Morfin, kodein, dan papaverin dari Opium, serta Emetin dari *Ipechae Radix (Cephaelis ipechacuanha atau Chephaelis acuminata)*.

Hidrastina, Berberina, dan Kanadina: Senyawa ini ditemukan pada rhizoma dan akar tanaman *Hydratis canadensis* Linne (Famili Ranunculaceae), yang tumbuh di Amerika Serikat dan Kanada. Kandungan utama melibatkan hidrastina, berberina, dan kanadina, dengan hidrastina menjadi komponen utama dalam kadar 1,5-4,5%. Alkaloid ini memiliki kristal putih dan digunakan untuk efek astringensia pada inflamasi membran mukosa.

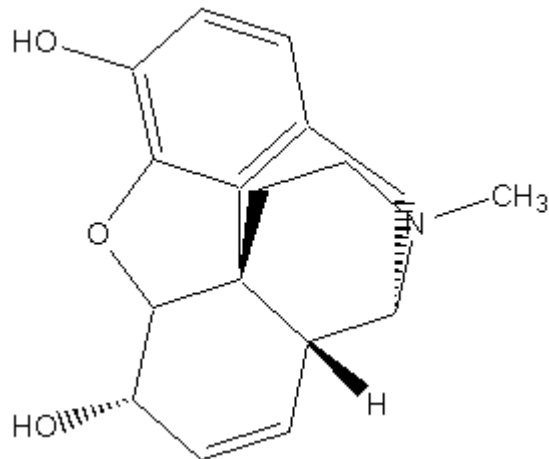
Sanguiranina: Ditemukan pada rhizoma tanaman *Sanguinaria canadensis* Linne (Famili Papaveraceae) atau yang sering disebut dengan bloodroot. Kandungan utamanya adalah sanguiranina (1%). Alkaloid ini memiliki efek ekspektoran dan digunakan sebagai emetikum.



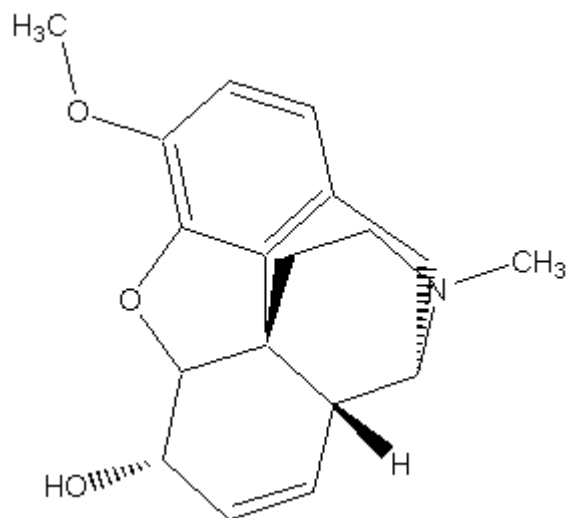
Gambar 2. 16. Struktur senyawa Tubocurarin

Tubocurarina: Alkaloid ini terdapat pada batang atau kayu tanaman seperti *Strychnos castelnaeni*, *Strychnos toxifera*, *Strychnos crevauxii* (Famili Loganiaceae), dan *Chondodendrone tomentosum*

(Famili Menispermaceae). Tubocurarina termasuk alkaloid tipe kuartener dan digunakan sebagai relaksan otot.



Gambar 2. 17. Struktur senyawa Morfin



Gambar 2. 18. Struktur senyawa Kodein

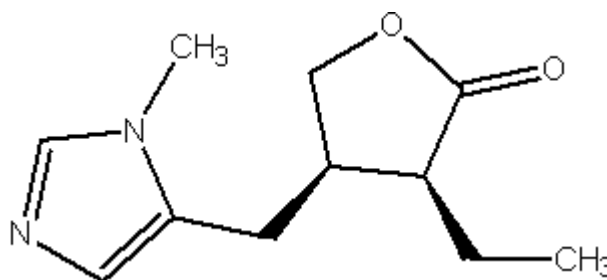
Morfin, Kodein, dan Papaverin: Terdapat dalam Opium, yang berasal dari *Papaver somniferum* (Famili Papaveraceae). Opium mengandung lebih dari 30 jenis alkaloid, dengan kandungan utama

seperti morfin (4-21%), kodein (0,8-2,5%), papaverin (0,5-2,5%), noskapina (4-8%), dan tebaina (0,5-2%). Opium memiliki berbagai kegunaan, termasuk sebagai analgesik dan antitusif. Buahnya adalah kapsul dengan getah yang diperoleh dari eksudat atau getah buah yang belum masak. Daerah penghasil opium terbesar mencakup Golden Triangle (Burma, Laos, dan Thailand), Pakistan, Afganistan, dan Meksiko.

5. Alkaloid Imidazol dan Steroid

Alkaloid Imidazol dan Steroid melibatkan beberapa senyawa yang memiliki keberagaman fungsi dan asal tanaman yang berbeda. Berikut adalah beberapa contoh alkaloid dari kelompok ini:

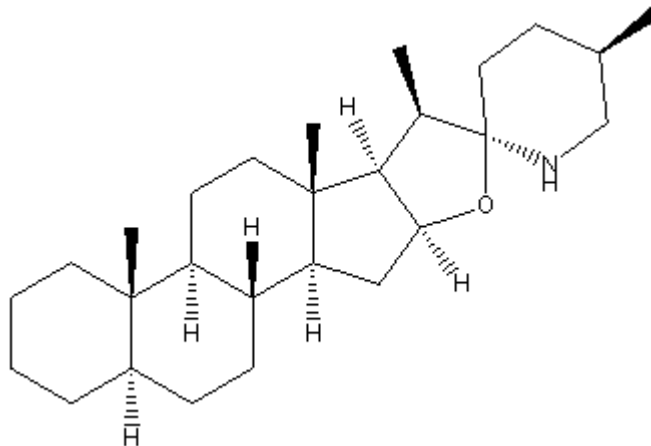
Pilokarpina: Ditemukan dalam *Pilocarpus Folium*, daun dari tanaman *Pilocarpus jaborandi* (Rutaceae) yang berasal dari Brasil. Terdapat beberapa spesies lain, seperti *Pilocarpus microphyllus* dan *Pilocarpus pinatifolius*. Daun kering mengandung alkaloid sekitar 0,5-1%, dengan pilokarpina sebagai kandungan utama. Pilokarpina digunakan sebagai obat anti-glaukoma untuk pengobatan mata.



Gambar 2. 19. Struktur senyawa Pilokarpin

Protoveratrine A: Sumbernya adalah rhizoma atau akar dari tanaman *Veratrum viride* (Famili Liliaceae), yang banyak tumbuh di

Inggris, Amerika, dan Kanada. Kandungan utamanya adalah protoveratrine A. Alkaloid ini memiliki berbagai kegunaan, termasuk sebagai obat antihipertensi, obat jantung, dan sedatif.



Gambar 2. 20. Struktur senyawa Solasodin

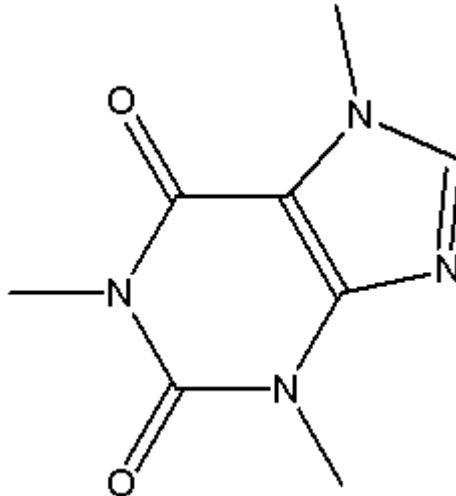
Solasodina: Berasal dari buah terong susu (*Solanum mammosum*) yang termasuk dalam famili Solanaceae. Solasodina dihasilkan dari buah ini dan pada beberapa literatur dimasukkan dalam klasifikasi senyawa steroid. Solasodina digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan obat kontrasepsi oral.

6. Alkaloid Basa Purina

Alkaloid basa purina melibatkan senyawa-senyawa seperti kafeina, theofilina, dan teobromina. Kandungan kafeina dan teobromina dapat ditemukan dalam berbagai simplisia yang berasal dari tanaman-tanaman tertentu.

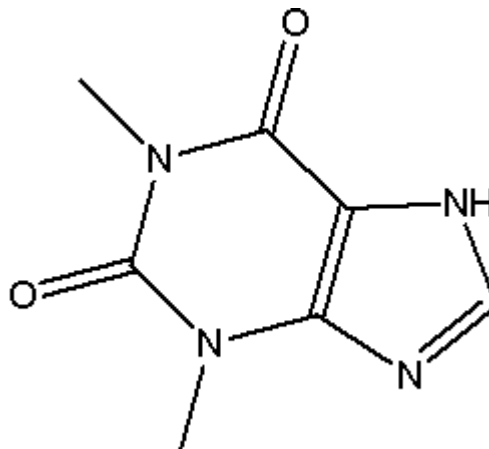
Biji Kola (*Cola nitida*): Biji kola mengandung kafeina sekitar 3,5% dan teobromina sekitar 1%. Tanaman ini tumbuh di daerah tropis seperti Afrika, Sri Lanka, Indonesia, dan Brazil. Biji kola banyak

digunakan di Amerika Serikat sebagai bahan dasar pembuatan minuman. Kandungan kafeina dan teobromina menjadikannya sebagai stimulan sistem saraf pusat (CNS).



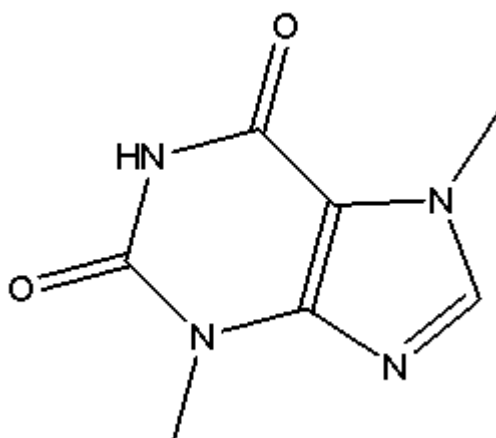
Gambar 2. 21. Struktur senyawa Kafein

Guarana (*Paulina cupana*): Guarana, yang berasal dari getah kering biji *Paulina cupana*, juga mengandung kafeina sekitar 2,5 - 5%. Tanaman ini adalah tanaman memanjat asli dari Brazil dan Uruguay dan digunakan dalam pembuatan minuman seperti teh atau kopi di masyarakat Brazil.



Gambar 2. 22. Struktur senyawa Teofilin

Mate (*Ilex paraguariensis*): Mate adalah simplisia yang berasal dari daun *Ilex paraguariensis* dan memiliki kandungan kafeina sekitar 2,5%. Mate digunakan sebagai minuman seperti teh, dalam dosis tinggi, dapat memiliki efek laksatif, purgatif, diaforetik, dan diuretik.



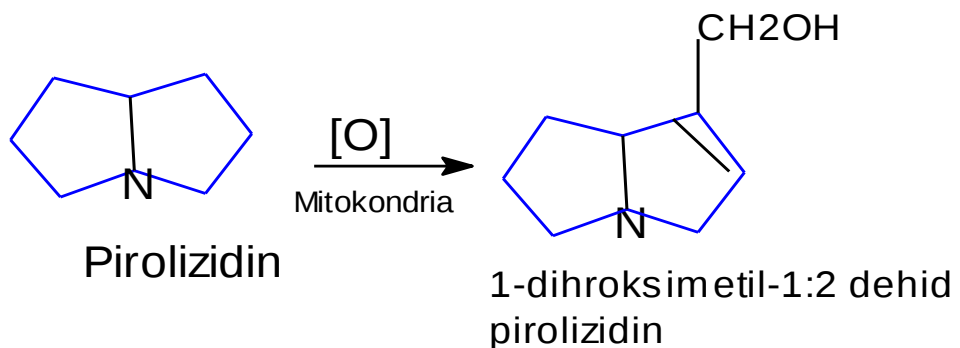
Gambar 2. 23. Struktur senyawa Teobromin

Daun Teh (*Camellia sinensis*): Daun teh dari tanaman *Camellia sinensis* memiliki kandungan kafeina sekitar 4%, bersama dengan senyawa lain seperti teofilina, teobromina, dan tanin. Teh hijau, yang tidak mengalami fermentasi, dan teh hitam, yang mengalami fermentasi, adalah dua jenis teh yang populer dan memiliki efek kafein sebagai stimulan dan diuretik.

Biji Coklat (*Theobroma cacao*): Simplisia yang berasal dari biji coklat mengandung teobromina sebagai kandungan utama. Teobromina memiliki sifat sebagai muscle relaxant. Biji coklat berasal dari tanaman *Theobroma cacao* yang termasuk dalam famili Sterculiaceae.

7. Alkaloid Pirolizidin

Alkaloid pirolizidin merupakan senyawa yang memiliki sifat toksik pada jaringan hewan dan manusia. Badan Kesehatan Dunia (WHO) memberikan peringatan tentang tanaman-tanaman yang mengandung alkaloid pirolizidin, yang tersebar hampir seluruh dunia dan sering digunakan sebagai obat tradisional atau sayuran. Sifat toksik dari alkaloid pirolizidin dapat dijelaskan oleh fakta bahwa saat senyawa ini masuk ke dalam tubuh, teroksidasi di dalam mitokondria menjadi senyawa metabolit yang reaktif, seperti 1-dihidroksimetil-1:2 dehidropirolizidina, yang bersifat toksik pada jaringan.



Gambar 2. 24. Reaksi oksidasi alkaloid Pirolizidin dalam mitokondria

Beberapa tanaman yang mengandung alkaloid pirolizidin antara lain:

- Ekimidina (*Echium platagineum*): Tanaman ini termasuk dalam famili Boraginaceae.
- Simfitina (*Symphytum officinale*): Tanaman ini juga termasuk dalam famili Boraginaceae.
- Senesionina (*Gynura segetum*): Tanaman ini termasuk dalam famili Asteraceae. Dua tanaman yang termasuk dalam genus *Gynura*, yaitu *Gynura procumbens* (sambung nyawa) dan

Gynura pseudochina (daun dewa), juga diketahui mengandung alkaloid pirolizidin.

Konsumsi tanaman yang mengandung alkaloid pirolizidin dapat berbahaya bagi kesehatan manusia, dan perlu dilakukan pencegahan serta penelitian lebih lanjut untuk memahami potensi risiko yang terkait dengan penggunaan tanaman tersebut.

2.2 Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Bioaktif

Tanaman memiliki potensi besar dalam menyumbangkan senyawa bioaktif yang bermanfaat dalam perawatan kesehatan. Sekitar 20% dari tanaman yang telah diteliti dalam bidang farmasi memberikan dampak positif, terutama dalam mengobati kanker dan penyakit berbahaya. Senyawa bioaktif ini, yang meliputi berbagai fitokimia, dapat melindungi tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Konsentrasi fitokimia yang tinggi, terutama ditemukan dalam buah-buahan dan sayuran, dapat memberikan manfaat tambahan sebagai antioksidan alami. Fitokimia, seperti flavonoid, tanin, dan lignin, bersama dengan vitamin A, C, dan E, berperan sebagai antioksidan yang mendukung kesehatan.

Studi-studi menunjukkan bahwa banyak tanaman kaya akan antioksidan, dan konsumsi buah-buahan dan sayuran telah terkait dengan berbagai manfaat kesehatan. Vitamin A, C, dan E, bersama dengan berbagai senyawa fenolik, memiliki peran dinamis dalam menunda penuaan, mengurangi peradangan, dan mencegah kanker tertentu. Antioksidan ini berperan dalam mengontrol dan mengurangi kerusakan oksidatif pada makanan dengan menunda atau menghambat oksidasi yang disebabkan oleh spesies oksigen reaktif (ROS). Hal ini pada akhirnya dapat meningkatkan umur simpan dan kualitas makanan.

Dengan begitu banyak manfaat kesehatan yang terkait dengan konsumsi buah dan sayuran, banyak lembaga dan sistem layanan kesehatan di seluruh dunia merekomendasikan peningkatan konsumsi mereka. Peningkatan konsumsi buah dan sayuran dapat memberikan dampak positif pada kesehatan tubuh, dan dalam sub bab ini, kita akan melihat tinjauan studi fitokimia yang membahas ekstraksi, pengukuran, dan identifikasi senyawa bioaktif dari tanaman.

Ekstraksi Senyawa Fenolik Menggunakan Pelarut

Ekstraksi senyawa fenolik dari tanaman menggunakan berbagai pelarut telah menjadi fokus penelitian para ilmuwan. Pelarut seperti metanol, heksana, dan etil alkohol telah dianalisis untuk mengekstraksi antioksidan dari berbagai bagian tanaman, seperti daun dan biji. Dalam upaya untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam ekstraksi senyawa fenolik yang beragam dari tanaman, penggunaan berbagai pelarut dengan polaritas yang berbeda menjadi kritis. Metanol, sebagai contoh, yang merupakan pelarut yang sangat polar, telah terbukti sangat efektif sebagai antioksidan.

Beberapa penelitian menyoroti peran pelarut dalam ekstraksi senyawa fenolik. Aseton dan N, N dimetilformamida (DMF) efektif dalam mengekstraksi antioksidan, sementara metanol lebih efektif dalam mengekstraksi kandungan fenolik dari buah kenari dibandingkan dengan etanol. Sebagai contoh lain, ekstrak etanol dari tanaman Pantai Gading dilaporkan memiliki konsentrasi fenolat yang lebih tinggi daripada ekstrak menggunakan aseton, air, dan metanol.

Pemilihan pelarut untuk ekstraksi biomolekul dari tumbuhan didasarkan pada polaritas zat terlarut yang diinginkan. Pelarut dengan polaritas yang sebanding dengan zat terlarut akan efektif dalam melarutkan

senyawa tersebut. Beberapa penelitian menggunakan pelarut secara berurutan untuk membatasi jumlah senyawa analog dalam hasil akhir. Urutan polaritas dari beberapa pelarut umumnya adalah sebagai berikut: Heksana < Kloroform < Etilasetat < Aseton < Metanol < Air.

Microwave-Assisted Extraction (MAE)

Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro atau *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) telah menarik perhatian para peneliti sebagai teknik yang efektif untuk mengekstraksi senyawa bioaktif dari berbagai jenis tumbuhan dan residu alami. Gelombang mikro, yang memiliki radiasi elektromagnetik pada frekuensi antara 300 MHz hingga 300 GHz dengan panjang gelombang antara 1 cm hingga 1 m, digunakan untuk memanaskan benda yang dapat menyerap energi elektromagnetik dan mengubahnya menjadi panas. Frekuensi yang umum digunakan adalah 2450 MHz, setara dengan keluaran energi 600–700 W pada instrumen gelombang mikro komersial.

MAE telah terbukti menjadi teknik yang baik, terutama dalam bidang tanaman obat, karena mampu mengurangi waktu ekstraksi dan volume pelarut tanpa mengorbankan kualitas senyawa bioaktif yang diekstraksi. Metode ini mengurangi hilangnya senyawa biokimia selama ekstraksi dan menjadi alternatif yang efektif untuk ekstraksi antioksidan, terutama karena tujuan utamanya adalah memanaskan pelarut dan mengekstrak antioksidan dengan menggunakan jumlah pelarut yang lebih sedikit.

MAE lebih efektif dalam meningkatkan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik dibandingkan metode konvensional yang menggunakan berbagai pelarut. Faktor-faktor seperti suhu ekstraksi, komposisi pelarut, dan waktu ekstraksi dapat mempengaruhi efisiensi ekstraksi gelombang mikro. Suhu ekstraksi, khususnya, menjadi fokus penelitian karena kemampuannya meningkatkan efisiensi ekstraksi gelombang mikro.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa suhu ekstraksi sekitar 170 °C dapat menjadi yang paling efektif untuk mengekstraksi senyawa fenolik dari beberapa tumbuhan. Penggunaan MAE juga membawa banyak keuntungan, termasuk konsumsi pelarut yang lebih rendah, waktu ekstraksi yang lebih singkat, dan sensitivitas yang lebih tinggi terhadap molekul target.

Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE)

Ekstraksi berbantuan ultrasonik atau *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE) telah menjadi metode yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi pengolahan makanan untuk mengekstraksi senyawa bioaktif dari bahan tanaman. Dengan tingkat ultrasonografi lebih besar dari 20 kHz, teknik ini mengganggu dinding sel tanaman, meningkatkan kemampuan pelarut untuk menembus sel dan menghasilkan ekstraksi yang lebih efisien. Keunggulan UAE meliputi penggunaan suhu pengoperasian yang rendah, menjaga kualitas ekstrak tinggi, dan kemudahan penerapannya dengan peralatan laboratorium umum seperti rendaman ultrasonik.

UAE dapat menggunakan berbagai pelarut, dan peralatan umum yang digunakan termasuk rendaman ultrasonik dan sistem probe ultrasonik. Meskipun demikian, probe ultrasonik memiliki beberapa keterbatasan terkait dengan keterulangan eksperimental dan reproduktifitas. Teknologi hijau, yang bertujuan melindungi lingkungan dari zat beracun, semakin mendapat perhatian, dan ekstraksi senyawa fenolik dengan bantuan ultrasonik telah berkembang untuk mengurangi jumlah pelarut dan energi yang digunakan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa UAE efektif dalam memecah jaringan tanaman dan melepaskan senyawa aktif dalam pelarut dengan efisiensi tinggi, meningkatkan aktivitas antioksidan.

Penelitian lain juga menemukan bahwa UAE efisien dalam mengekstraksi senyawa fenolik dari rosemary, mengurangi waktu pengoperasian secara drastis dibandingkan dengan metode ekstraksi lain.

Penggunaan UAE untuk mengekstrak senyawa fenolik dari berbagai sumber telah memberikan hasil positif, termasuk peningkatan aktivitas antioksidan. UAE juga telah diterapkan dalam berbagai industri, seperti dalam ekstraksi capsaicinoid dari cabai dan resveratrol dari anggur. Selain itu, metode ultrasonik memiliki kemampuan untuk mengurangi degradasi senyawa fenolik. Sebuah studi menyimpulkan bahwa UAE adalah metode ekstraksi yang paling efektif dalam mengekstraksi senyawa fenolik dari stroberi, dibandingkan dengan metode ekstraksi lainnya.

Teknik Isolasi dan Pemurnian Senyawa Bioaktif dari Tumbuhan

Pemurnian dan isolasi senyawa bioaktif dari tanaman merupakan teknik yang mengalami perkembangan baru dalam beberapa tahun terakhir. Teknik modern ini menawarkan kemampuan untuk paralel dengan pengembangan dan ketersediaan banyak bioassay tingkat lanjut di satu sisi, dan memberikan teknik isolasi, pemisahan, dan pemurnian yang tepat di sisi lain. Tujuan ketika mencari senyawa bioaktif adalah untuk menemukan metode yang tepat yang dapat menyaring bahan sumber untuk bioaktivitas seperti antioksidan, antibakteri, atau sitotoksitas, dikombinasikan dengan kesederhanaan, spesifisitas, dan kecepatan.

Metode in vitro biasanya lebih diinginkan daripada pengujian in vivo karena percobaan pada hewan mahal, memerlukan waktu lebih lama, dan rentan terhadap kontroversi etika. Ada beberapa faktor yang membuat tidak mungkin menemukan prosedur atau protokol akhir untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi molekul bioaktif tertentu. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan bagian (jaringan) dalam suatu tanaman, banyak di antaranya

akan menghasilkan senyawa yang sangat berbeda, di samping beragamnya struktur kimia dan sifat fisikokimia fitokimia bioaktif. Pemilihan dan pengumpulan bahan tanaman dianggap sebagai langkah utama untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi fitokimia bioaktif. Langkah selanjutnya melibatkan pengambilan informasi etno-botani untuk membedakan kemungkinan molekul bioaktif. Ekstrak kemudian dapat dibuat dengan berbagai pelarut untuk mengisolasi dan memurnikan senyawa aktif yang bertanggung jawab atas bioaktivitas. Teknik kromatografi kolom dapat digunakan untuk isolasi dan pemurnian senyawa bioaktif. Instrumen yang dikembangkan seperti Kromatografi Cair Tekanan Tinggi (HPLC) mempercepat proses pemurnian molekul bioaktif. Berbagai jenis teknik spektroskopi seperti UV-visibel, Inframerah (IR), Resonansi Magnetik Nuklir (NMR), dan spektroskopi massa (MS) dapat mengidentifikasi senyawa yang dimurnikan.

Pemurnian Senyawa Bioaktif

Banyak molekul bioaktif telah diisolasi dan dimurnikan dengan menggunakan metode kromatografi lapis tipis kertas dan kolom. Kromatografi kolom dan kromatografi lapis tipis (KLT) masih banyak digunakan karena kemudahan, ekonomi, dan ketersediaannya dalam berbagai fase diam. Silika, alumina, selulosa, dan poliamida mempunyai nilai paling tinggi dalam pemisahan fitokimia. Bahan tanaman mengandung fitokimia kompleks dalam jumlah tinggi, yang membuat pemisahan yang baik menjadi sulit. Oleh karena itu, meningkatkan polaritas menggunakan beberapa fase gerak berguna untuk pemisahan yang bernilai tinggi. Kromatografi lapis tipis selalu digunakan untuk menganalisis fraksi senyawa dengan kromatografi kolom. Kromatografi kolom gel silika dan

kromatografi lapis tipis (TLC) telah digunakan untuk pemisahan molekul bioaktif dengan beberapa alat analisis.

Klarifikasi Struktur Senyawa Bioaktif

Penentuan struktur molekul tertentu menggunakan data dari berbagai teknik spektroskopi seperti UV-visibel, Inframerah (IR), Resonansi Magnetik Nuklir (NMR), dan Spektroskopi Massa (MS). Prinsip dasar spektroskopi adalah melewatkan radiasi elektromagnetik melalui molekul organik yang menyerap sebagian radiasi, tetapi tidak seluruhnya. Dengan mengukur besarnya serapan radiasi elektromagnetik, suatu spektrum dapat dihasilkan. Spektrumnya khusus untuk ikatan tertentu dalam suatu molekul. Tergantung pada spektrum ini, struktur molekul organik dapat diidentifikasi. Para ilmuwan terutama menggunakan spektrum yang dihasilkan dari tiga atau empat wilayah: Ultraviolet (UV), Visible, Inframerah (IR), frekuensi radio, dan berkas elektron untuk klarifikasi struktural.

Spektroskopi UV-visibel adalah alat analisis yang sangat berguna, dengan kemampuannya untuk melakukan analisis kualitatif dan identifikasi senyawa dalam campuran murni atau biologis, serta kemampuan untuk analisis kuantitatif, teknik ini memberikan fleksibilitas yang hebat dalam dunia penelitian dan pengembangan. Senyawa aromatik, khususnya, dapat dengan mudah diidentifikasi karena menjadi kromofor yang kuat dalam rentang UV. Begitu banyak senyawa alami yang bisa dianalisis menggunakan spektroskopi UV-visibel, termasuk senyawa fenolik seperti antosianin, tanin, pewarna polimer, dan fenol. Keberhasilan dalam membentuk kompleks dengan besi bisa dideteksi dengan teknik ini. Selain itu, kelebihan spektroskopi UV-Vis terletak pada kemampuannya untuk menentukan berbagai komponen seperti total ekstrak fenolik, flavon, asam

fenolik, dan total antosianid dengan menggunakan panjang gelombang yang berbeda. Kecepatan analisis dan pengurangan biaya membuatnya menjadi pilihan yang efisien dalam berbagai penelitian. Teknologi ini benar-benar membantu kita memahami dan mengidentifikasi senyawa-senyawa yang kompleks dengan cara yang lebih cepat dan efisien.

Spektroskopi inframerah memang sangat berguna, kemampuannya untuk merinci ikatan molekuler dengan mengidentifikasi pita serapan frekuensi karakteristik sangat membantu dalam memahami struktur dan komposisi senyawa organik. Setiap jenis ikatan, seperti C–C, C=C, C≡C, C–O, C=O, O–H, dan N–H, memiliki jejak getaran unik yang dapat terdeteksi dalam spektrum inframerah. Metode khususnya, seperti Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR), memungkinkan analisis resolusi tinggi dan penyelidikan cepat tanpa merusak sampel. FTIR dapat digunakan untuk mengidentifikasi unsur kimia dan menjelaskan struktur senyawa dengan baik. Itu artinya, kita bisa mendapatkan sidik jari molekuler dari sampel organik dengan sangat efisien. Pentingnya teknologi ini tak terbatas pada penelitian kimia, tetapi juga dalam berbagai bidang seperti farmasi, biologi, dan ilmu material.

Spektroskopi NMR memang menjadi instrumen sangat hebat untuk mengungkap misteri molekuler! Kemampuannya dalam mempelajari sifat magnetik inti atom, khususnya hidrogen, proton, karbon, dan isotop karbon, memberikan kita pandangan yang sangat mendalam tentang struktur molekuler. Saya suka cara NMR dapat memberikan gambaran tentang posisi inti-inti ini dalam molekul dan hubungan mereka dengan tetangganya. Ini seperti menyusun teka-teki molekuler! Metode preparatif yang melibatkan kromatografi lapis tipis, kromatografi cair, dan kromatografi kolom untuk mengisolasi fenol individu kemudian diikuti dengan analisis NMR *off-line* adalah langkah-langkah yang cerdas. Ini

memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman mendalam tentang struktur molekuler fenol secara sistematis. Apakah Anda pernah terlibat dalam proyek penelitian yang melibatkan kombinasi NMR dan teknik pemisahan seperti kromatografi?

Spektrometri massa memang menjadi alat yang sangat kuat dalam mengungkap struktur molekuler. Metodenya yang melibatkan pembombardiran molekul dengan elektron atau laser, diikuti dengan pemantauan fragmentasi dan analisis rasio massa/muatan ion-ion yang dihasilkan, memberikan gambaran yang mendetail tentang komposisi dan struktur molekuler. Kombinasi HPLC dan MS memang pasangan yang hebat, terutama dalam mengidentifikasi senyawa kimia dalam tanaman obat di mana standar murni mungkin tidak selalu tersedia. LC/MS dengan ionisasi elektrospray (ESI) sepertinya memberikan keunggulan khususnya dalam analisis senyawa fenolik. Efisiensi ionisasi tinggi untuk senyawa fenolik membuatnya metode yang diinginkan untuk karakterisasi struktur mereka. Apakah Anda pernah terlibat dalam proyek penelitian yang menggunakan teknik spektrometri massa, terutama LC/MS, untuk karakterisasi senyawa kimia dari tanaman obat atau sumber alam lainnya?

2.3 Metabolomik Tumbuhan Obat

Tumbuhan menghasilkan sejumlah besar metabolit yang memiliki peran krusial dalam menjaga keberlanjutan hidup tanaman. Metabolit ini dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu metabolit primer dan sekunder. Metabolit primer, seperti protein, lipid, karbohidrat, dan klorofil, terlibat dalam proses metabolisme normal seperti respirasi dan fotosintesis. Di sisi lain, metabolit sekunder merupakan senyawa yang, meskipun tidak esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan normal, sangat penting untuk kelangsungan hidup dan reproduksi tanaman dalam lingkungan

Daftar Pustaka

- Abbas, Z., Kousar, S., Aziz, M. A., Pieroni, A., Aldosari, A. A., Bussmann, R. W., Raza, G., & Abbasi, A. M. (2021). Comparative assessment of medicinal plant utilization among balti and shina communities in the periphery of deosai national park, pakistan. *Biology*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/biology10050434>
- Arbiastutie, Y., Marsono, D., Hartati, M. S., & Purwanto, R. (2017). The potential of understorey plants from Gunung Gede Pangrango National Park (West Java, Indonesia) as cervix anticancer agents. *Biodiversitas*, 18(1), 109–115. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d180116>
- Athayde, S., Silva-Lugo, J., Schmink, M., & Heckenberger, M. (2017). The Same, but Different: Indigenous Knowledge Retention, Erosion, and Innovation in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, 45(4), 533–544. <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9919-0>
- Au, T. H., Skarbek, C., Pethe, S., Labruere, R., Baltaze, J. P., Nguyen, T. P. H., Vu, T. T. H., & Vo-Thanh, G. (2021). Structural modification and biological activity studies of tagitinin C and its derivatives. *Tetrahedron*, 92(xxxx), 132248. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2021.132248>
- Az-Zahra, F. R., Sari, N. L. W., Saputry, R., Nugroho, G. D., Sunarto, Pribadi, T., & Setyawan, A. D. (2021). Review: Traditional knowledge of the dayak tribe (borneo) in the use of medicinal plants. *Biodiversitas*, 22(10), 4633–4647. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221057>
- Bhagawan, W. S., Aziz, Y. S., & Pamungkas, R. P. T. (2020). Pendekatan Etnofarmasi Tumbuhan Obat Imunomodulator Suku Tengger, Desa Ngadas, Kabupaten Malang, Indonesia. *Journal of Islamic Medicine*, 4(2), 98–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.18860/jim.v4i2.10290>
- Bhagawan, W. S., Barsyaif, U. A., & Amrun, M. (2021). Pendekatan etnobotani tumbuhan obat untuk permasalahan seksual Suku Tengger di Desa Argosari, Lumajang, Indonesia. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 14(2), 99–110. <https://doi.org/10.22435/jtoi.v14i2.4169>
- Bhagawan, W. S., Ekasari, W., & Agil, M. (2023). Ethnopharmacology of medicinal plants used by the Tenggerese community in Bromo Tengger Semeru National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(10), 5464–5477. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241028>
- Bhagawan, W. S., & Kusumawati, D. (2021). Ethnobotanical Medicinal Plant Study of Tengger tribe in Ranu Pani Village, Indonesia. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3865725>
- Chagas-Paula, D. A., Oliveira, R. B., Rocha, B. A., & Da Costa, F. B. (2012). Ethnobotany, chemistry, and biological activities of the genus *Tithonia* (Asteraceae). *Chemistry and Biodiversity*, 9(2), 210–235. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201100019>
- de Albuquerque, U. P., de Medeiros, P. M., de Almeida, A. L. S., Monteiro, J. M., de Freitas Lins Neto, E. M., de Melo, J. G., & dos Santos, J. P. (2007). Medicinal

- plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology*, 114(3), 325–354. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.08.017>
- Elliott, S., & Brimacombe, J. (1987). The medicinal plants of Gunung Leuser National Park, Indonesia. *Journal of Ethnopharmacology*, 19(3), 285–317. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(87\)90006-7](https://doi.org/10.1016/0378-8741(87)90006-7)
- Ferretti-Gallon, K., Griggs, E., Shrestha, A., & Wang, G. (2021). National parks best practices: Lessons from a century's worth of national parks management. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 9(3), 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.05.004>
- Friedman, J., Yaniv, Z., Dafni, A., & Palewitch, D. (1986). A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev Desert, Israel. *Journal of Ethnopharmacology*, 16(2–3), 275–287. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90094-2](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90094-2)
- Gailea, R., Ariffien Bratawinata, A., Pitopang, R., & Kusuma, I. (2016). The Use of Various Plant Types As Medicines by Local Community In The Enclave of The Lore-Lindu National Park of Central Sulawesi, Indonesia. *Global Journal of Research on Medicinal Plants & Indigenous Medicine || GJRMI ||*, 5(1), 29–40.
- Gupta, S. P., Babu, M. S., Garg, R., & Sowmya, S. (1998). Quantitative structure-activity relationship studies on cyclic urea-based HIV protease inhibitors. *Journal of Enzyme Inhibition*, 13(6), 399–407. <https://doi.org/10.3109/14756369809020545>
- Heinrich, M., Edwards, S., Moerman, D. E., & Leonti, M. (2009). Ethnopharmacological field studies: A critical assessment of their conceptual basis and methods. *Journal of Ethnopharmacology*, 124(1), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.03.043>
- Hirsh, A. J., Zhang, J., Zamurs, A., Fleegle, J., Thelin, W. R., Caldwell, R. A., Sabater, J. R., Abraham, W. M., Donowitz, M., Cha, B., Johnson, K. B., St George, J. A., Johnson, M. R., & Boucher, R. C. (2008). Pharmacological properties of N-(3,5-diamino-6-chloropyrazine-2-carbonyl)- N'-4-[4-(2,3-dihydroxypropoxy)phenyl]butyl-guanidine methanesulfonate (552-02), a novel epithelial sodium channel blocker with potential clinical efficacy for cystic fibrosis lung. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 325(1), 77–88. <https://doi.org/10.1124/jpet.107.130443>
- Husaini, I. P. A., Maulany, R. I., Nasri, N., & Ngakan, P. O. (2022). Diversity and use of traditional medicinal plant species in Bantimurung-Bulusaraung National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(11), 5539–5550. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231101>
- Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., & Amini-Khoei, H. (2018). Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.15171/jhp.2018.01>
- Jufe-Bignoli, D., Burgess, N., Bingham, H., Belle, E., de Lima, M., Deguignet, M., Bertzky, B., Milam, A., Martinez-Lopez, J., Lewis, E., Eassom, A., Wicander, S., Geldmann, J., van Soesbergen, A., Arnell, A., O'Connor, B., Park, S., Shi, Y., Danks, F., ... Kingston, N. (2014). *Protected Planet Report 2014*. UNEP-WCMC.
- Kim, H., & Song, M. J. (2014). Analysis of traditional knowledge about medicinal plants

- utilized in communities of Jirisan National Park (Korea). *Journal of Ethnopharmacology*, 153(1), 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.047>
- Liu, H., Jin, W., Fu, C., Dai, P., Yu, Y., Huo, Q., & Yu, L. (2015). Discovering anti-osteoporosis constituents of maca (*Lepidium meyenii*) by combined virtual screening and activity verification. *Food Research International*, 77, 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.028>
- Nurrochmat, D. R., Nugroho, I. A., Hardjanto, Purwadianto, A., Maryudi, A., & Erbaugh, J. T. (2017). Shifting contestation into cooperation: Strategy to incorporate different interest of actors in medicinal plants in Meru Betiri National Park, Indonesia. *Forest Policy and Economics*, 83(January 2015), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.08.005>
- Ong, H. G., Ling, S. M., Win, T. T. M., Kang, D. H., Lee, J. H., & Kim, Y. D. (2018). Ethnomedicinal plants and traditional knowledge among three Chin indigenous groups in Natma Taung National Park (Myanmar). *Journal of Ethnopharmacology*, 225(April), 136–158. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.07.006>
- Parang, K., Wiebe, L. I., Knaus, E. E., Huang, J. S., Tyrrell, D. L., & Csizmadia, F. (1997). In vitro antiviral activities of myristic acid analogs against human immunodeficiency and hepatitis B viruses. *Antiviral Research*, 34(3), 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0166-3542\(96\)01022-4](https://doi.org/10.1016/S0166-3542(96)01022-4)
- Phillips, O., & Gentry, A. H. (1993a). The useful plants of Tambopata, Peru: II. Additional hypothesis testing in quantitative ethnobotany. *Economic Botany*, 47(1), 33–43. <https://doi.org/10.1007/BF02862204>
- Phillips, O., & Gentry, A. H. (1993b). The useful plants of Tambopata, Peru: I. Statistical hypotheses tests with a new quantitative technique. *Economic Botany*, 47(1), 15–32. <https://doi.org/10.1007/BF02862203>
- Ratnadewi, A. A. I., Wahyudi, L. D., Rochman, J., Susilowati, Nugraha, A. S., & Siswoyo, T. A. (2020). Revealing anti-diabetic potency of medicinal plants of Meru Betiri National Park, Jember – Indonesia. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 1831–1836. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2018.01.017>
- Redouan, F. Z., Benítez, G., Picone, R. M., Crisafulli, A., Yebouk, C., Bouhbal, M., Ben Driss, A., Kadiri, M., Molero-Mesa, J., & Merzouki, A. (2020). Traditional medicinal knowledge of Apiaceae at Talassemtane National Park (Northern Morocco). *South African Journal of Botany*, 131, 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.004>
- Setyowati, F. M., & Wardah, W. (2007). Diversity of medicinal plant by Talang Mamak tribe in surrounding of Bukit Tiga Puluh National Park, Riau. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 8(3), 228–232. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d080313>
- Sujarwo, W., Arinasa, I. B. K., Salomone, F., Caneva, G., & Fattorini, S. (2014). Cultural Erosion of Balinese Indigenous Knowledge of Food and Nutraceutical Plants. *Economic Botany*, 68(4), 426–437. <https://doi.org/10.1007/s12231-014-9288-1>
- Sujarwo, W., & Caneva, G. (2016). Using quantitative indices to evaluate the cultural importance of food and nutraceutical plants: Comparative data from the Island of Bali (Indonesia). *Journal of Cultural Heritage*, 18, 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.06.006>

- Sujarwo, W., Keim, A. P., Savo, V., Guarrera, P. M., & Caneva, G. (2015). Ethnobotanical study of Loloh: Traditional herbal drinks from Bali (Indonesia). *Journal of Ethnopharmacology*, 169(January), 34–48. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.03.079>
- Susanti, R., & Zuhud, E. A. M. (2019). Traditional ecological knowledge and biodiversity conservation: The medicinal plants of the Dayak Krayan people in Kayan Mentarang National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(9), 2764–2779. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200943>
- Susiarti, S., Rahayu, M., & Rugayah. (2018). Diversity of Indonesian Medicinal Plant in the lowland Forest, Bodogol and Its Surrounding of Mount Gede-Pangrango National Park, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 166(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/166/1/012021>
- Taek, M. M., Banilodu, L., Neonbasu, G., Watu, Y. V., E.W., B. P., & Agil, M. (2019). Ethnomedicine of Tetun ethnic people in West Timor Indonesia: philosophy and practice in the treatment of malaria. *Integrative Medicine Research*, 8(3), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2019.05.005>
- Van Wyk, B. E., & Wink, M. (2017). *Medicinal plants of the world* (2nd ed.). CABI.
- Wang, J. H. Z. (2019). National parks in China: Parks for people or for the nation? *Land Use Policy*, 81(October 2018), 825–833. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.034>
- Wolfender, J.-L., Rudaz, S., Hae Choi, Y., & Kyong Kim, H. (2013). Plant Metabolomics: From Holistic Data to Relevant Biomarkers. *Current Medicinal Chemistry*, 20(8), 1056–1090. <https://doi.org/10.2174/0929867311320080009>
- Yudiyanto, Y., Hakim, N., & Wakhidah, A. Z. (2022). Ethnobotany of medicinal plants from Lampung Tribe around Way Kambas National Park, Indonesia. *Nusantara Bioscience*, 14(1), 84–94. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n140111>
- Zeng, X. Z., He, L. G., Wang, S., Wang, K., Zhang, Y. Y., Tao, L., Li, X. J., & Liu, S. W. (2016). Aconine inhibits RANKL-induced osteoclast differentiation in RAW264.7 cells by suppressing NF- κ B and NFATc1 activation and DC-STAMP expression. *Acta Pharmacologica Sinica*, 37(2), 255–263. <https://doi.org/10.1038/aps.2015.85>

Biodata Penulis



Weka Sidha Bhagawan dilahirkan di Trenggalek pada tanggal 24 November 1988. Setelah mendapatkan gelar Sarjana Farmasi (S. Farm) pada tahun 2011 dari Fakultas Farmasi Universitas Jember dengan bidang minat etnofarmakologi, penulis melanjutkan pendidikan Profesi Apoteker (apt.) di Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Surabaya hingga lulus pada tahun 2012. Selanjutnya, ia melanjutkan pendidikan Magister Ilmu Farmasi (M. Farm.) di Fakultas Farmasi Universitas Airlangga hingga lulus pada tahun 2015 dengan judul tesis *Formulasi granul ekstrak etanol 70% terfraksinasi daun gendarusa (Justicia gendarussa burm. f.): digunakan untuk sediaan kapsul fitofarmaka*. Saat ini penulis sedang menempuh program Doktor Ilmu Farmasi pada Fakultas dan Universitas yang sama (Farmasi Unair) dengan mendalami bidang ilmu etnomedisin dan etnofarmakologi, khususnya terkait dengan kesehatan reproduksi.

Penulis pernah menjadi staf pengajar di Program Studi Farmasi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang pada tahun 2015 sampai 2019. Dari tahun 2019 hingga saat ini penulis menjadi staf pengajar di Program Studi Farmasi Universitas PGRI Madiun, dan mengampu beberapa mata kuliah dalam bidang ilmu Biologi Farmasi. Di samping mengajar, ia juga membimbing beberapa penelitian mahasiswa dan sekarang menjabat Ketua Program Studi Farmasi Universitas PGRI Madiun. Berbagai hasil penelitian yang terkait dengan etnomedisin, etnofarmakologi, dan obat tradisional telah dipublikasikan di berbagai jurnal ilmiah dan dipresentasikan dalam seminar/simposium baik nasional maupun internasional.



Arum Suproborini lahir di Madiun pada 21 Juni 1967. Dosen program studi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains Universitas PGRI Madiun sejak tahun 2017 sampai sekarang. Pendidikan Sarjana Biologi bidang ilmu Biologi Lingkungan dari Universitas Jenderal Soedirman tahun 1991. Program Magister dari Program Studi Biosains Universitas Sebelas Maret tahun 2017.

Penulis mengampu mata kuliah Biologi Sel, Mikrobiologi dan Parasitologi, Botani Farmasi, Farmakognosi, dan Fitokimia. Reviewer pada Lombok Journal of Science (LJS) FMIPA Universitas Islam Al Azhar tahun 2019 sampai sekarang. Assistant Editor pada Journal of Pharmaceutical Science and Medical Research (PHARMED) Program Studi Farmasi Fakultas Ilmu Kesehatan dan Sains tahun 2020 sampai sekarang. Penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan adalah dibidang lingkungan dan eksplorasi bahan alam untuk kesehatan. Hasil penelitian dan pengabdian masyarakat telah dipublikasikan dalam jurnal ilmiah, dan seminar.