

FARMAKOLOGNO SI :

DASAR-DASAR ILMU TANAMAN OBAT DAN PENGOLAHANNYA



TIM PENULIS ;

Arsiaty Sumule

Fahriani Istiqamah Jafar

Nita Triadisti

Erlina Fatmasari

Wilda Fhitriany Usman

FARMAKOLOGI :

Dasar-Dasar Ilmu Tanaman Obat dan Pengolahannya

**Arsiaty Sumule
Fahriani Istiqamah Jafar
Nita Triadisti
Erlina Fatmasari
Wilda Fhitriany Usman**



GETPRESS INDONESIA

FARMAKOLOGI :
Dasar-Dasar Ilmu Tanaman Obat dan Pengolahannya

Penulis : Arsiaty Sumule
Fahriani Istiqamah Jafar
Nita Triadisti
Erlina Fatmasari
Wilda Fhitriany Usman

ISBN : 978-623-125-714-7

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.
Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

PENERBIT GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022
Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, April 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku FARMAKOLOGI: Dasar-Dasar Ilmu Tanaman Obat dan Pengolahannya ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai ilmu farmakologi, mulai dari anatomi, morfologi, fisiologi tumbuhan, kandungan senyawa bioaktif, proses pengolahan, hingga pemanfaatannya dalam berbagai bidang seperti farmasi, kosmetik, dan pangan fungsional. Bab pertama membahas anatomi, fisiologi, dan morfologi tumbuhan, diikuti oleh pembahasan tentang simplisia dan proses pengolahannya. Bab berikutnya menjelaskan kandungan senyawa bioaktif dalam tanaman obat dan perannya dalam terapi berbagai penyakit, serta teknik pengolahan dan formulasi obat herbal yang efektif dan stabil.

Buku ini juga membahas aplikasi farmakologi dalam berbagai bidang serta tantangan dan prospek pengembangannya di masa depan. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, akademisi, peneliti, serta praktisi di bidang farmasi dan kesehatan herbal. Kami menyadari bahwa dalam penyusunan buku ini masih terdapat kekurangan, sehingga kami sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas dalam pengembangan ilmu farmakologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

Padang, Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vii
BAB 1 ANATOMI, FISILOGI, DAN MORFOLOGI TUMBUHAN	1
1.1 Dasar-dasar Anatomi Tumbuhan.....	1
1.1.1 Struktur sel dan jaringan.....	2
1.1.1 Organ tumbuhan	5
1.2 Morfologi Tumbuhan: Bentuk, Struktur, dan Klasifikasi	11
1.2.1 Ciri-ciri eksternal.....	12
1.2.2 Adaptasi morfologi	20
1.3 Fisiologi Tumbuhan: Proses Hidup dan Metabolisme	22
1.3.1 Proses fotosintesis dan respirasi	22
1.3.2 Transportasi air dan nutrisi	23
1.4 Aplikasi Ilmu Anatomi, Morfologi, dan Fisiologi dalam Pengolahan Tanaman Obat	24
DAFTAR PUSTAKA	27
BAB 2 SIMPLISIA DAN PROSES PENGOLAHANNYA.....	31
2.1 Pendahuluan.....	31
2.2 Simplisia	32
2.2.2 Klasifikasi simplisia berdasarkan bagian yang digunakan.....	42
2.2.3 Klasifikasi simplisia berdasarkan cara pengolahan	44
2.3 Proses Pengolahan Simplisia	45
2.3.1 Pengumpulan Bahan Baku	46
2.3.2 Sortasi Basah.....	49
2.3.3 Pencucian	51
2.3.4 Perajangan	52
2.3.5 Pengeringan	52
2.3.6 Sortasi Kering	54
2.3.7 Pengepakan dan Penyimpanan	54
2.4 Pemeriksaan Mutu	57
2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Simplisia.....	57

DAFTAR PUSTAKA.....	59
BAB 3 KANDUNGAN ZAT BERKHASIAT (SENYAWA BIOAKTIF) DALAM TANAMAN OBAT.....	61
3.1 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antidiabetes.....	62
3.1.1 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Ginseng (<i>Panax ginseng</i>).....	62
3.1.3 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Patikan Kebo (<i>Euphorbia hirta</i>)	63
3.1.4 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Jahe (<i>Zingiber officinale</i> Rosc).....	65
3.2 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antikanker.....	66
3.2.1 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam Tapak Dara (<i>Catharanthus roseus</i>).....	66
3.2.2 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam <i>Camptotheca acuminata</i>	67
3.2.3 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam <i>Podophyllum peltatum</i>	68
3.2.4 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam <i>Taxus chinensis</i>	69
3.3 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antiinflamasi.....	70
3.3.1 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam <i>Ainsliaea fragrans</i> Champ	70
3.3.2 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam <i>Ampelopsis grossedentata</i>	71
3.3.3 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam <i>Clerodendrum inerme</i>	72
3.3.4 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam <i>Cyperus rotundus</i>	73
3.3.5 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam <i>Hibiscus sabdariffa</i>	74
3.4 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antihiperlipidemia.....	75
3.4.1 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam Kedelai (<i>Glycine max</i>)	75

3.4.2 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam <i>Silybum marianum</i>	76
3.4.3 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam <i>Trigonella foenum-graecum</i> L (Fenugreek).....	78
3.4.4 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam Bawang Putih (<i>Allium sativum</i>)	79
DAFTAR PUSTAKA	81
BAB 4 PENGOLAHAN DAN FORMULASI OBAT HERBAL	89
4.1 Pendahuluan.....	89
4.2 Teknik Pengolahan Obat Herbal.....	90
4.2.1 Metode Ekstraksi Bahan Aktif	90
4.2.2 Pengeringan dan Penyimpanan Bahan Herbal	94
4.2.3 Pengolahan Menjadi Sediaan Obat.....	98
4.2.4 Teknologi Modern dalam Pengolahan Herbal.....	100
4.4 Formulasi Obat Herbal	102
4.4.1. Prinsip Dasar Formulasi Obat Herbal.....	102
4.4.2 Kombinasi dan Sinergi Antar Bahan Herbal	104
4.4.3. Penambahan Bahan Pendukung.....	107
4.4.4. Pengujian Stabilitas dan Efektivitas Formulasi	109
DAFTAR PUSTAKA	112
BAB 5 PEMANFAATAN DAN APLIKASI FARMAKOGNOSI.....	117
5.1 Pendahuluan.....	117
5.2 Sumber Bahan Alam dalam Farmakognosi.....	119
5.3 Metode Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Bioaktif	123
5.4 Aplikasi Farmakognosi di Berbagai Bidang.....	129
5.4.1. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Farmasi	130
5.4.2. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Kosmetik	130
5.4.3 Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Pangan Fungsional.....	131
5.4.4. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Bioteknologi.....	131
5.5 Tantangan dan Prospek Pengembangan Farmakognosi.....	132
5.5.1. Tantangan dalam Pengembangan Farmakognosi	133
5.5.2 Prospek Pengembangan Farmakognosi	136
DAFTAR PUSTAKA	139
BIODATA PENULIS	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Potongan melintang jaringan parenkim: (a) Potongan melintang batang dan (b) Jaringan parenkim	2
Gambar 1. 2. Penampang jaringan kolenkim.....	3
Gambar 1. 3. (a) Potongan melintang serat sklerenkim, (b) Sklereid, dan (c) potongan memanjang sklerenkim	4
Gambar 1. 4. Penampang melintang jaringan pembuluh: (a) jaringan pembuluh (pp: floem primer; px: xilem primer); (b) lignifikasi xilem tipe spiral; dan (c) lignifikasi xilem tipe skalar	5
Gambar 1. 5. Tubuh tumbuhan berbunga (angiosperma)	6
Gambar 1. 6. Potongan akar: (a) organ akar; (b) potongan melintang mikroskopis akar muda, Ep: Epidermis, En: Endodermis.....	7
Gambar 1. 7. Penampang cabang akar: (a) penampang melintang akar dengan tetra arch; (b) penampang melintang akar muda (Sumber : Crang <i>et al.</i> , 2018)	8
Gambar 1. 8. Batang sebagai penguat dan batang yang mengandung jaringan pengangkut. (a) Penebalan sklerenkim dan jaringan pembuluh. (b) Lignifikasi dinding xilem.....	8
Gambar 1. 9. Potongan paradermal: (a) epidermis dan (b) stomata daun.....	10
Gambar 1. 10. (a) Bagian-bagian bunga dan (b) Organ reproduksi bunga. Catatan: Stg: stigma; a: anther; sty: style; co: corolla; car: carpel. Gambar (b) dibagi menjadi 2 gambar: sisi kiri merupakan tampilan luar dan sisi kanan merupakan irisan organ bunga	11
Gambar 1. 11. Struktur umum tumbuhan, yang menunjukkan akar primer dan pucuk primer. Perhatikan bahwa semua bagian akar dan pucuk berasal dari pembelahan sel meristem apikal akar atau pucuk.	12

Gambar 1. 12. Tipe akar (A) akar tunggang; (B) sistem akar serabut; (C) akar penopang; (D) akar haustorial; (E) akar penyimpanan lobak (<i>Raphanus sativus</i>); (F) akar penopang pohon ara (<i>Ficus rubiginosa</i>); (G, H) <i>Pneumatophores</i> ; <i>Avicennia germinans</i> , black mangrove.....	14
Gambar 1. 13. Jenis batang (l.s. = penampang memanjang)	16
Gambar 1. 14. Jenis struktur daun	17
Gambar 1. 15. Bagian-bagian bunga, jenis kelamin, dan perlekatan.....	17
Gambar 1. 16. Buah: jenis buah sederhana, kering, dan tidak pecah (l.s. = penampang membujur)	18
Gambar 1. 17. Bagian-bagian biji, jenis endosperma (l.s. = penampang membujur).....	20
Gambar 3. 1. Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam bawang merah (<i>Allium cepa</i>)	62
Gambar 3. 2. S-metil sistein sulfoksida.....	63
Gambar 3. 3. Kuersetin	64
Gambar 3. 4. Gingerol.....	66
Gambar 3. 5. Vinblastin dan Vinkristin.....	67
Gambar 3. 6. <i>Camptothecin</i>	68
Gambar 3. 7. <i>Podophyllotoxin</i>	69
Gambar 3. 8. Asam 3,5-dicaffeoylquinic (A) and Asam 4,5-dicaffeoylquinic (B).....	71
Gambar 3. 9. Dihidromirisetin.....	72
Gambar 3. 10. Hispidulin	73
Gambar 3. 11. Asam fulgidat (A) dan Asam pinelat (B)	74
Gambar 3. 12. Delphinidin 3-sambubioside (A) dan Delphinidin (B)	75
Gambar 3. 13. Glyceollin	76
Gambar 3. 14. Silybin	77
Gambar 3. 15. 4-Hidroksiisoleusin	79
Gambar 3. 16. Alliin (A) dan Allicin (B)	80

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Simplisia yang berasal dari nabati	35
Tabel 2. 2Simplisia yang berasal dari bahan hewani.....	38
Tabel 2. 3. Simplisia yang berasal dari bahan mineral.....	40
Tabel 2. 4. Waktu panen dan cara pengumpulan simplisia.....	47
Tabel 4. 1. Senyawa bioaktif dari tanaman.....	120

FARMAKOGNOSI :

Dasar-Dasar Ilmu Tanaman Obat dan Pengolahannya

BAB 1

ANATOMI, FISILOGI, DAN MORFOLOGI TUMBUHAN

Oleh Arsiaty Sumule

1.1 Dasar-dasar Anatomi Tumbuhan

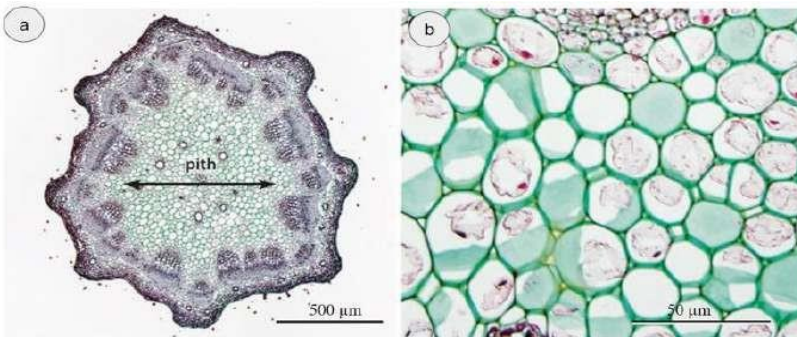
Anatomi tumbuhan merupakan bidang ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi berbagai bagian tumbuhan. Tumbuhan terdiri dari sel-sel yang tersusun dari berbagai jenis jaringan dasar, meliputi parenkim, kolenkim, sklerenkim, serta jaringan pembuluh dan epidermis. Setiap jenis jaringan tumbuhan memiliki peran khusus dalam memperkuat struktur organ tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji (Suprpto *et al.*, 2024).

Tumbuhan memegang peran krusial dalam ekosistem dan kehidupan manusia. Melalui fotosintesis, tumbuhan mampu menghasilkan bahan organik serta oksigen yang mendukung kehidupan. Selain itu, tumbuhan menghasilkan berbagai senyawa alami yang bermanfaat dalam bidang pengobatan. Selain berkontribusi dalam proses fotosintesis dan rantai makanan, tumbuhan juga berperan dalam konservasi air dan tanah, di mana akar dan batangnya yang kuat membantu menahan partikel tanah. Tumbuhan dengan kekuatan mekanis, seperti tumbuhan berkayu dan jaringan sklerenkim yang kuat namun fleksibel, juga memiliki banyak manfaat. Dengan

demikian, peran tumbuhan dalam ekologi, kesehatan, dan ekonomi sangatlah signifikan.

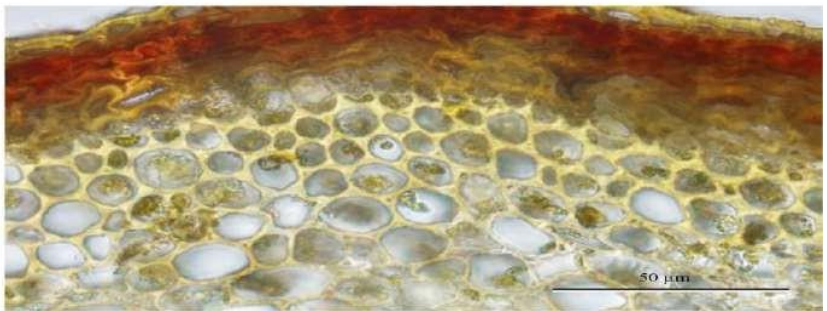
1.1.1 Struktur sel dan jaringan

Organ tumbuhan terdiri dari berbagai jaringan, salah satunya adalah jaringan parenkim. Jaringan ini merupakan jaringan sederhana yang tersusun atas sel-sel hidup yang aktif bermetabolisme dan memiliki kemampuan untuk membelah (Crang *et al.*, 2018). Jaringan parenkim dapat ditemukan di seluruh bagian tumbuhan, ditandai dengan dinding sel yang tipis, bentuk sel isodiametrik, serta adanya ruang antar sel (Gambar 1.1). Jaringan ini tersebar luas pada organ tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Fungsi jaringan parenkim sangat beragam, di antaranya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis, sekresi, dan respirasi, serta berperan dalam penyimpanan cadangan makanan.



Gambar 1. 1. Potongan melintang jaringan parenkim: (a) Potongan melintang batang dan (b) Jaringan parenkim
(Sumber : Crang *et al.*, 2018)

Jaringan kolenkim adalah bentuk jaringan parenkim yang telah mengalami diferensiasi menjadi jaringan penyokong. Jaringan ini tersusun atas sel-sel hidup yang lebih panjang dibandingkan sel parenkim, dengan dinding primer yang mengalami penebalan tidak merata dan bersifat elastis (Gambar 1.2). Kolenkim merupakan jaringan yang sangat dinamis dan berperan sebagai penyokong utama organ yang masih dalam fase pertumbuhan, di mana dindingnya dapat terus menebal selama maupun setelah pemanjangan (Leroux, 2012). Secara khusus, jaringan ini menyokong batang tanaman muda, daun, tulang daun, tangkai daun, serta bagian akar, terutama pada akar gantung. Peran kolenkim dalam memberikan dukungan mekanis yang krusial menjadikannya elemen penting dalam pertumbuhan organ tanaman.

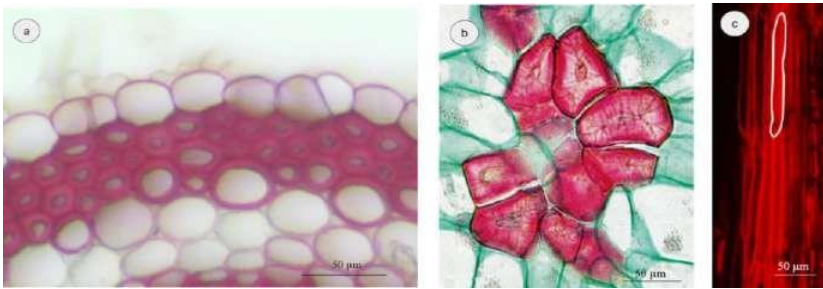


Gambar 1. 2. Penampang jaringan kolenkim

(Sumber : Crang *et al*, 2018)

Jaringan sklerenkim terdapat pada tumbuhan yang telah mengalami pertumbuhan sekunder. Jaringan ini berperan dalam memberikan dukungan mekanis, menopang struktur, serta melindungi, dengan dinding sekunder yang mengalami penebalan akibat deposisi lignin (Gambar 1.3.a). Karakteristik utama sklerenkim adalah serat berbentuk panjang (Gambar

1.3. c), yang memiliki dinding primer serta mengalami penebalan sekunder. Proses lignifikasi terjadi pada dinding sel sklerenkim, menjadikannya kaku dan mudah patah saat ditebuk (Gambar 1.3.a dan 1.3.b) (Leroux, 2012). Jaringan sklerenkim banyak ditemukan pada berbagai jenis tumbuhan vaskular (Leroux, 2012). Sel-sel sklerenkim memiliki dinding yang tebal, panjang, dan sempit serta mengalami kematian saat tumbuhan mencapai tahap dewasa.



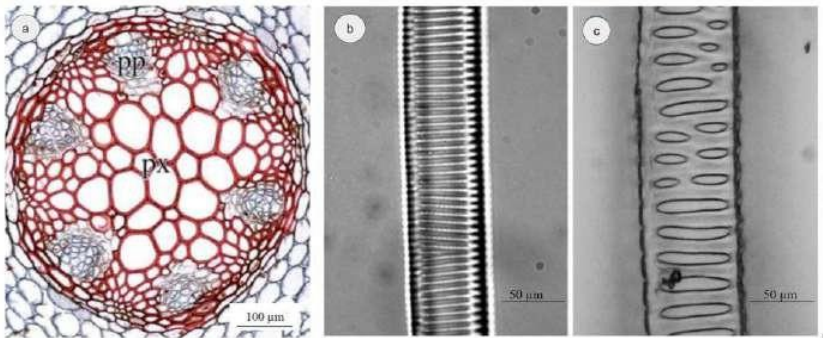
Gambar 1. 3. (a) Potongan melintang serat sklerenkim, (b) Sklereid, dan (c) potongan memanjang sklerenkim

(Sumber : Crang *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2024)

Jaringan pembuluh pada tumbuhan terdiri dari xilem dan floem, yang berperan dalam mengoptimalkan transportasi air, fotoasimilat, ion, dan hormon ke seluruh bagian tumbuhan (Słupianek *et al.*, 2021). Kedua jaringan ini memiliki fungsi yang berbeda (Gambar 1.4.a), dimana xilem bertugas mengangkut air dan mineral ke berbagai organ tumbuhan (He *et al.*, 2023), sementara floem berfungsi menyalurkan hasil fotosintesis, seperti gula, dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan.

Struktur xilem tersusun atas trakea, trakeid, parenkim xilem, dan serabut xilem, dengan dinding sel yang mengalami lignifikasi sekunder atau penebalan berbentuk spiral

(Gambar 1.4.b) maupun skalariform (Gambar 1.4.c). Sebaliknya, floem memiliki dinding sel yang hanya terdiri dari dinding primer tanpa penebalan sekunder dan tersusun atas sel penyaring, sel pengantar, sel albumin, serta parenkim floem. Perbedaan struktur dan fungsi antara xilem dan floem memungkinkan keduanya bekerja secara sinergis dalam mendukung transportasi zat penting yang berperan dalam pertumbuhan dan kelangsungan hidup tumbuhan secara optimal.



Gambar 1. 4. Penampang melintang jaringan pembuluh: (a) jaringan pembuluh (pp: floem primer; px: xilem primer); (b) lignifikasi xilem tipe spiral; dan (c) lignifikasi xilem tipe skalar

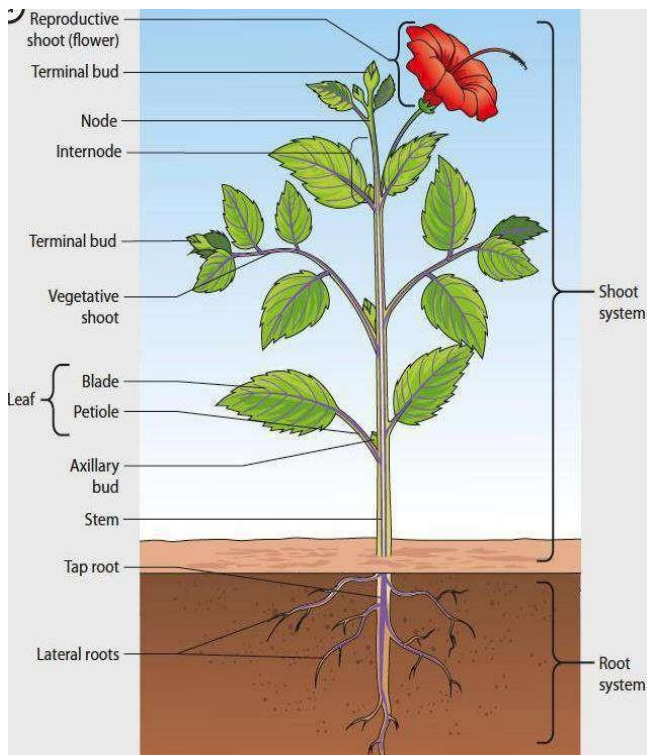
(Sumber : Suprpto *et al.*, 2024)

1.1.1 Organ tumbuhan

Struktur tubuh tumbuhan terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan biji (Gambar 1.5), dimana setiap organ memiliki fungsi spesifik. Akar berperan dalam menopang tubuh tumbuhan, menyerap air dan mineral, serta menyimpan cadangan makanan. Sementara itu, batang berfungsi sebagai jalur transportasi yang menyalurkan air dan mineral,

sekaligus mendistribusikan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan.

Daun berfungsi utama dalam fotosintesis, yaitu proses yang menghasilkan bahan organik sebagai cadangan energi serta melepaskan oksigen. Selain itu, daun juga berperan dalam respirasi dan transpirasi tumbuhan serta dapat berfungsi dalam perkembangbiakan vegetatif. Sementara itu, bunga memiliki peran penting dalam kehidupan tumbuhan sebagai organ reproduksi. Bunga berkontribusi dalam proses penyerbukan dan pembuahan serta membentuk struktur reproduksi seperti putik dan benang sari.



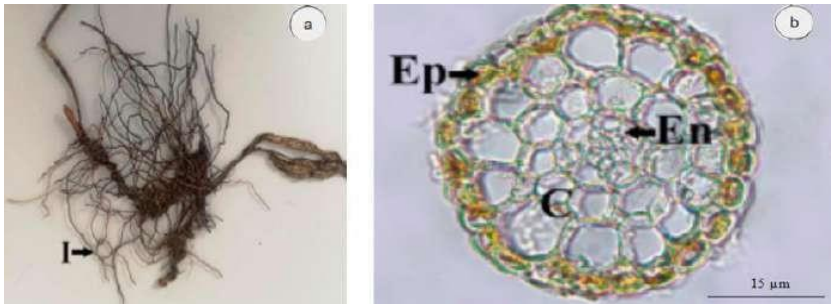
Gambar 1. 5. Tubuh tumbuhan berbunga (angiosperma)

(Sumber : Crang *et al*, 2018)

Organ tumbuhan terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

1. Akar

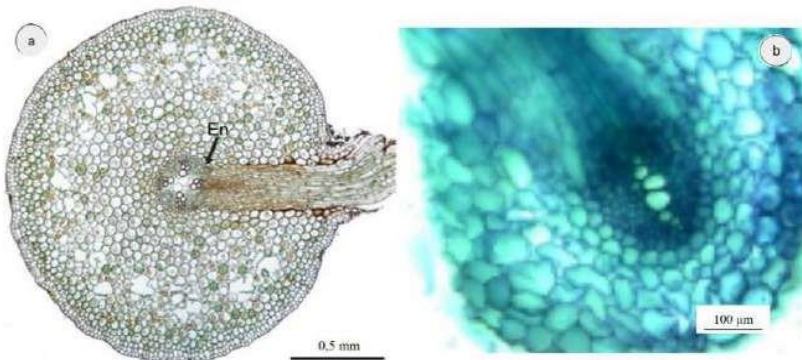
Akar merupakan organ utama tumbuhan yang berfungsi menyerap air dan mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan. Selain itu, akar juga berperan sebagai penopang dan penyokong struktur tubuh tumbuhan secara keseluruhan. Secara struktural, akar terdiri dari beberapa bagian utama, yaitu epidermis yang dilengkapi dengan rambut akar (Gambar 1.6), korteks, dan jaringan meristem.



Gambar 1. 6. Potongan akar: (a) organ akar; (b) potongan melintang mikroskopis akar muda, Ep: Epidermis, En: Endodermis

(Sumber : Suprpto *et al.*, 2024)

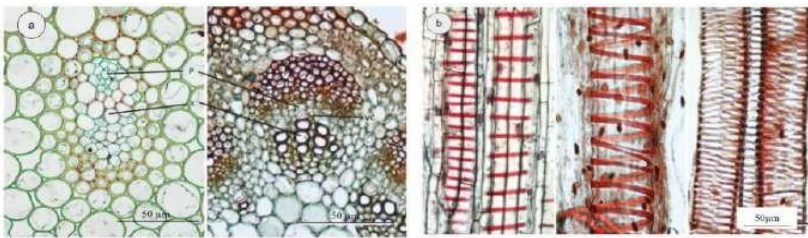
Korteks tersusun atas jaringan parenkim serta jaringan pembuluh yang berperan dalam mengangkut zat-zat penting melalui akar. Selain itu, di dalam korteks terdapat perisikel, yang berfungsi sebagai tempat pertumbuhan cabang akar (Gambar 1.7). Selain sebagai organ penyerap dan penyokong, akar juga berperan dalam menyimpan cadangan makanan, seperti yang ditemukan pada umbi akar ubi jalar (*Ipomoea batatas*).



Gambar 1. 7. Penampang cabang akar: (a) penampang melintang akar dengan tetra arch; (b) penampang melintang akar muda (Sumber : Crang *et al.*, 2018)

2. Batang

Batang tumbuhan berperan sebagai penopang serta jalur transportasi air dan mineral menuju ujung tanaman melalui xilem (Dutra *et al.*, 2023). Selain itu, batang juga berfungsi dalam distribusi hasil fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tanaman melalui floem (Gambar 1.8.a). Batang menjadi tempat tumbuhnya daun dan bunga, mendukung pertumbuhan serta perkembangan tanaman.



Gambar 1. 8. Batang sebagai penguat dan batang yang mengandung jaringan pengangkut. (a) Penebalan sklerenkim dan jaringan pembuluh. (b) Lignifikasi dinding xilem

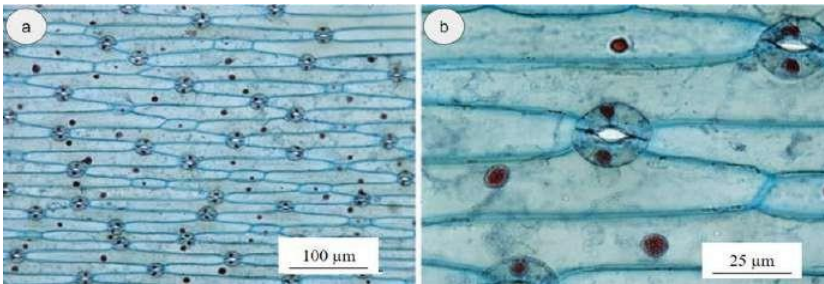
(Sumber : Crang *et al.*, 2018)

Pada pertumbuhan sekunder, terjadi lignifikasi pada dinding xilem (Gambar 1.8.b), yang memberikan kekuatan serta dukungan struktural bagi tanaman. Pertumbuhan sekunder batang dapat mencapai ketinggian hingga 100 meter. Kekuatan mekanis batang tidak hanya bermanfaat bagi tanaman itu sendiri, tetapi juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan manusia.

3. Daun

Daun memiliki peran krusial dalam proses fotosintesis, yang berfungsi menghasilkan bahan organik sebagai sumber energi utama bagi makhluk hidup (Roth-Nebelsick & Krause, 2023). Proses ini ditandai dengan keberadaan klorofil, pigmen yang memberikan warna hijau pada daun. Selain memproduksi bahan organik, fotosintesis juga menghasilkan oksigen, yang sangat penting bagi makhluk hidup aerobik untuk bernapas melalui stomata (lihat Gambar 1.9).

Struktur daun terdiri dari berbagai jenis jaringan yang bekerja secara sinergis untuk mendukung fungsi-fungsi vitalnya, termasuk epidermis, mesofil yang terdiri dari jaringan palisade dan spons, serta jaringan sklerenkim dan jaringan pembuluh. Kolaborasi antar jaringan ini memungkinkan daun menjalankan perannya dalam mendukung kehidupan tumbuhan serta keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.



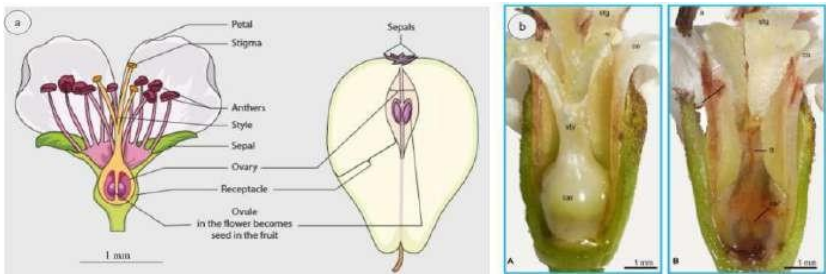
Gambar 1. 9. Potongan paradermal: (a) epidermis dan (b) stomata daun

(Sumber : Crang *et al.*, 2018)

4. Organ reproduksi

Reproduksi tanaman berlangsung melalui dua mekanisme utama, yaitu secara vegetatif dan generatif. Reproduksi vegetatif melibatkan bagian-bagian tanaman seperti akar, batang, dan daun, baik melalui cara alami maupun teknik modern seperti kultur jaringan. Sementara itu, reproduksi generatif terjadi melalui bunga, yang umumnya terdiri dari putik (*karpel*) dan benang sari (Gambar 1.10).

Struktur bunga lebih lanjut mencakup sepal, petal, dan ibu tangkai bunga (*peduncle*), yang tersusun atas jaringan parenkim dan jaringan pembuluh. Kombinasi jaringan ini memungkinkan proses reproduksi generatif berlangsung dengan efisien dan mendukung kompleksitas sistem reproduksi tanaman.



Gambar 1. 10. (a) Bagian-bagian bunga dan (b) Organ reproduksi bunga. Catatan: Stg: stigma; a: anther; sty: style; co: corolla; car: carpel. Gambar (b) dibagi menjadi 2 gambar: sisi kiri merupakan tampilan luar dan sisi kanan merupakan irisan organ bunga

(Sumber : Crang *et al.*, 2018; Pätzold *et al.*, 2023)

1.2 Morfologi Tumbuhan: Bentuk, Struktur, dan Klasifikasi

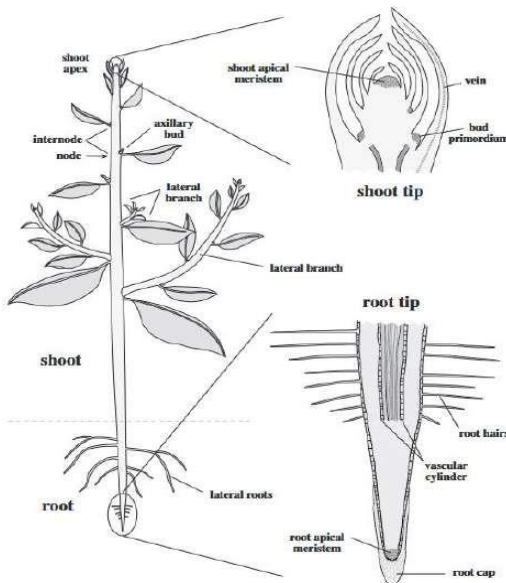
Morfologi tumbuhan mempelajari struktur organ tumbuhan, termasuk akar, daun, batang, buah, bunga, dan biji. Ilmu ini tidak hanya menggambarkan bentuk dan susunan tubuh tumbuhan, tetapi juga mengkaji fungsi masing-masing bagian dalam kehidupan tumbuhan serta menelusuri asal-usul bentuk dan susunannya. Secara umum, morfologi tumbuhan berfokus pada studi mengenai bentuk dan struktur tubuh tumbuhan yang berbentuk kormus.

Kormus adalah struktur tubuh tumbuhan yang menunjukkan diferensiasi yang jelas menjadi tiga bagian utama, yaitu akar (*radix*), batang (*caulis*), dan daun (*folium*). Struktur ini hanya ditemukan pada tumbuhan paku (*Pteridophyta*) dan tumbuhan biji (*Spermatophyta*) (Riastuti & Febrianti, 2021).

1.2.1 Ciri-ciri eksternal

1. Akar

Organ utama tumbuhan berpembuluh adalah akar dan pucuk. Akar terdapat di hampir semua tumbuhan berpembuluh dan biasanya berfungsi sebagai penahan dan penyerapan air dan mineral. Akar terdiri dari meristem apikal yang menghasilkan tudung akar pelindung, silinder pembuluh yang dibatasi endodermis di bagian tengah, rambut akar epidermis penyerap, dan akar lateral yang berkembang secara endogen (Gambar 1.11).



Gambar 1. 11. Struktur umum tumbuhan, yang menunjukkan akar primer dan pucuk primer. Perhatikan bahwa semua bagian akar dan pucuk berasal dari pembelahan sel meristem apikal akar atau pucuk.

(Sumber : Simpson, 2019)

Akar adalah organ tumbuhan yang berfungsi dalam penjangkaran dan penyerapan air dan mineral. Akar ditemukan di semua tumbuhan darat berpembuluh kecuali untuk psilotophyta - *Psilotum* dan kerabatnya. Tumbuhan darat nonpembuluh memiliki rizoid yang memiliki fungsi serupa akar.

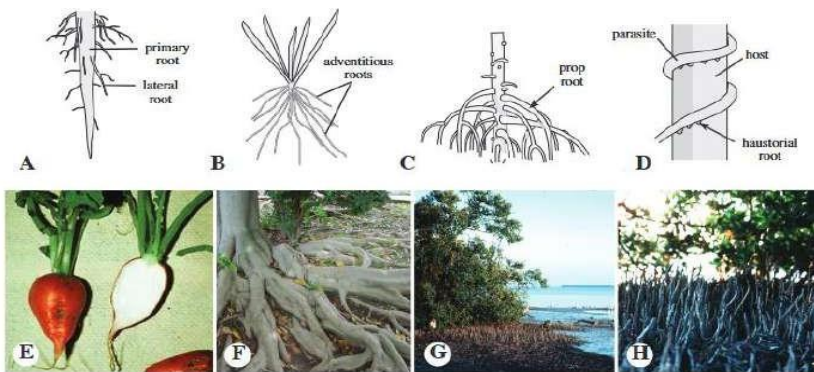
Akar, seperti tunas, berkembang melalui pembentukan sel-sel baru di dalam meristem apikal yang tumbuh aktif di ujung akar. Meristem apikal ditutupi di bagian luar oleh tudung akar, yang berfungsi untuk melindungi meristem apikal akar dan menyediakan pelumas saat akar tumbuh ke dalam tanah. Sel-sel epidermis yang jauh dari ujung akar mengembangkan ekstensi seperti rambut yang disebut rambut akar; ini berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan yang tersedia untuk penyerapan air dan mineral.

Berbagai modifikasi akar telah berevolusi. Jika akar primer menjadi dominan, maka disebut akar tunggang, dan tanaman tersebut digambarkan memiliki sistem akar tunggang. Jika akar primer segera layu dan akar berikutnya bersifat adventif, tanaman tersebut memiliki sistem akar serabut. Beberapa spesies tanaman, terutama yang biennale, memiliki akar penyimpanan yang akar tunggangnya telah menjadi sangat tebal, sehingga mengumpulkan cadangan senyawa penyimpanan berenergi tinggi (biasanya pati).

Banyak tumbuhan yang bersifat epifit (tumbuh pada tumbuhan lain), khususnya tumbuhan tropis dari famili monokotil *Araceae* dan *Orchidaceae*, memiliki akar udara. Akar ini merupakan akar adventif yang umumnya tidak masuk ke dalam tanah dan dapat menyerap air dan mineral dari udara atau dari limpasan tanaman. Banyak spesies

tumbuhan dengan umbi atau umbi pendek memiliki akar kontraktif, akar yang benar-benar berkontraksi secara vertikal, berfungsi untuk menarik batang bawah lebih jauh ke dalam tanah.

Tumbuhan parasit memiliki akar khusus yang disebut haustoria yang menembus jaringan tanaman inang. Beberapa akar adventif yang disebut akar penopang tumbuh dari pangkal batang dan berfungsi untuk lebih menyokong tanaman. Beberapa spesies tumbuhan yang tumbuh di rawa atau paya memiliki pneumatofora, akar yang tumbuh ke atas dari tanah ke udara yang berfungsi untuk memperoleh oksigen tambahan. Akar penopang adalah akar yang membesar, menyebar secara horizontal, dan sering kali menebal secara vertikal di pangkal pohon yang membantu dalam dukungan mekanis; akar ini ditemukan pada spesies pohon tropis atau rawa/rawa tertentu.



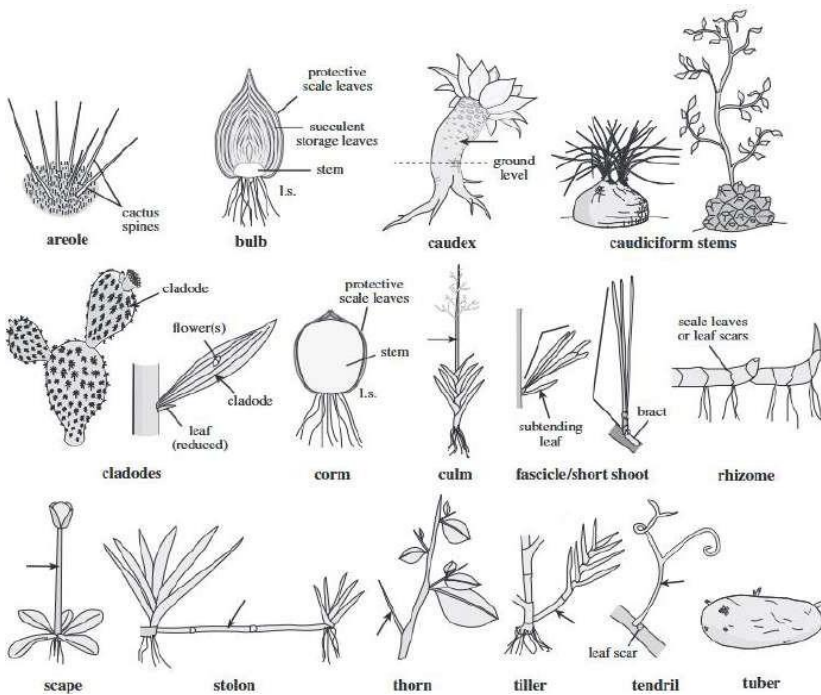
Gambar 1. 12. Tipe akar (A) akar tunggang; (B) sistem akar serabut; (C) akar penopang; (D) akar haustorial; (E) akar penyimpanan lobak (*Raphanus sativus*); (F) akar penopang pohon ara (*Ficus rubiginosa*); (G, H) *Pneumatophores*; *Avicennia germinans*, black mangrove

(Sumber : Simpson, 2019)

2. Batang dan pucuk

Batang berfungsi baik sebagai organ penopang maupun sebagai organ konduktif (menghantarkan air/mineral dan gula melalui jaringan pembuluh di antara daun, akar, dan organ reproduksi). Secara struktural, batang dapat dibedakan dari akar berdasarkan beberapa ciri anatomi. Pucuk adalah batang beserta daunnya. Tunas yang bercabang dan berdaun merupakan apomorfi untuk semua tumbuhan berpembuluh yang masih ada. Berbagai modifikasi batang dan pucuk telah berevolusi dalam berbagai kelompok taksonomi. Jenis-jenis ini meliputi:

- a) *Bulb*, yang pucuknya terdiri dari sejumlah kecil jaringan batang vertikal (yang memiliki akar di bawah) dan sejumlah besar daun penyimpanan yang tebal dan berdaging, misalnya bawang (*Allium* sp.).
- b) *Corm*, yang pucuknya sebagian besar terdiri dari jaringan batang yang umumnya bulat yang dikelilingi oleh daun-daun yang sedikit dan seperti sisik, misalnya beberapa iris (*Iris* sp.).
- c) *Caudex*, yang batang bawahnya terdiri dari batang yang relatif tidak berdiferensiasi tetapi berorientasi vertikal.
- d) *Rhizome*, yang batangnya horizontal dan di bawah tanah, biasanya dengan ruas pendek (bandingkan stolon, di bawah) dan memiliki daun seperti sisik, misalnya jahe (*Zingiber officinale*).
- e) *Tuber*, yang terdiri dari batang penyimpanan yang tebal dan di bawah tanah, biasanya tidak tegak, memiliki kuncup luar dan tidak memiliki daun penyimpanan atau sisik pelindung di sekitarnya, misalnya kentang (*Solanum tuberosum*).

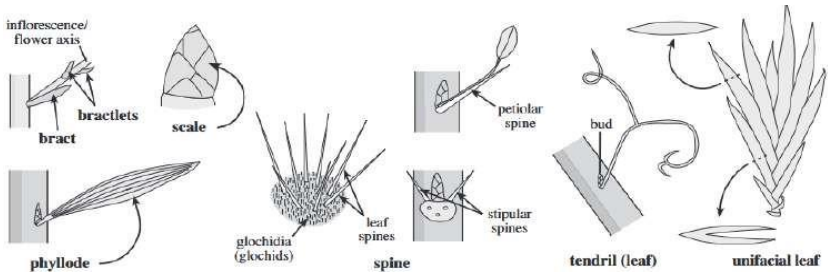


Gambar 1. 13. Jenis batang (l.s. = penampang memanjang)

(Sumber : Simpson, 2019)

3. Daun

Daun merupakan organ fotosintesis utama pada tumbuhan, yang juga berfungsi sebagai tempat utama transpirasi. Daun berasal dari primordia daun pada *shoot apex* (bagian ujung batang yang menghasilkan berbagai bagian tumbuhan, seperti daun, bunga, dan cabang). Daun dapat bersifat gametofit, pada lumut hati dan lumut daun, atau bersifat sporofit, pada tumbuhan berpembuluh. Daun sporofit secara khas dikaitkan dengan kuncup, sistem tunas yang belum matang, yang biasanya terletak di ketiak daun. Kuncup dapat tumbuh membentuk cabang vegetatif lateral atau struktur reproduksi.

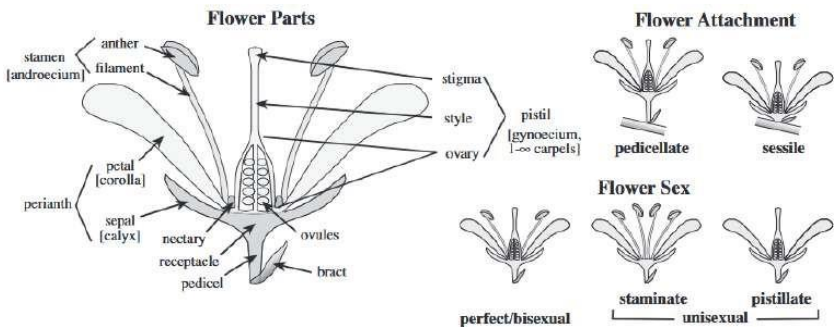


Gambar 1. 14. Jenis struktur daun

(Sumber : Simpson, 2019)

4. Bunga

Bunga adalah tunas reproduksi yang dimodifikasi, pada dasarnya batang dengan meristem apikal yang menghasilkan tunas daun. Namun, tidak seperti tunas vegetatif pada umumnya, tunas bunga bersifat determinatif, sehingga meristem apikal berhenti tumbuh setelah bagian bunga terbentuk.



Gambar 1. 15. Bagian-bagian bunga, jenis kelamin, dan perlekatan

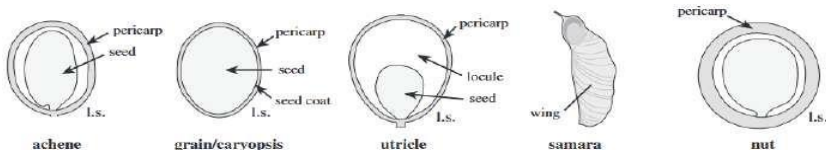
(Sumber : Simpson, 2019)

Setidaknya beberapa primordia daun bunga dimodifikasi sebagai sporofil reproduksi (daun yang mengandung sporangia). Bunga bersifat unik, misalnya dari

gymnospermae, karena sporofil berkembang baik sebagai benang sari maupun karpel.

5. Buah

Buah adalah bakal buah atau putik yang matang dari tanaman berbunga ditambah bagian-bagian aksesori yang terkait. Istilah perikarp digunakan untuk dinding buah, yang berasal dari dinding bakal buah yang matang. Perikarp terkadang terbagi menjadi beberapa lapisan yaitu endokarp, mesokarp, dan eksokarp.



Gambar 1. 16. Buah: jenis buah sederhana, kering, dan tidak pecah (l.s. = penampang membujur)

(Sumber : Simpson, 2019)

Satu golongan buah sederhana adalah buah yang kering dan tidak pecah saat matang (Gambar 1.16). *Achene* adalah buah berbiji tunggal, kering, tidak pecah dengan biji yang menempel pada perikarp di satu titik saja, seperti buah tunggal bunga matahari. Antokarp atau diklesium adalah *achene* atau *nut*, dikelilingi oleh perianth yang persisten dan tumbuh, seperti pada *Pontederia* atau *Nyctaginaceae*.

Grain/caryopsis adalah buah berbiji tunggal, kering, tidak pecah, dengan kulit biji yang menempel pada dinding perikarp. *Grain* adalah jenis buah dari semua *Poaceae* (rumput).

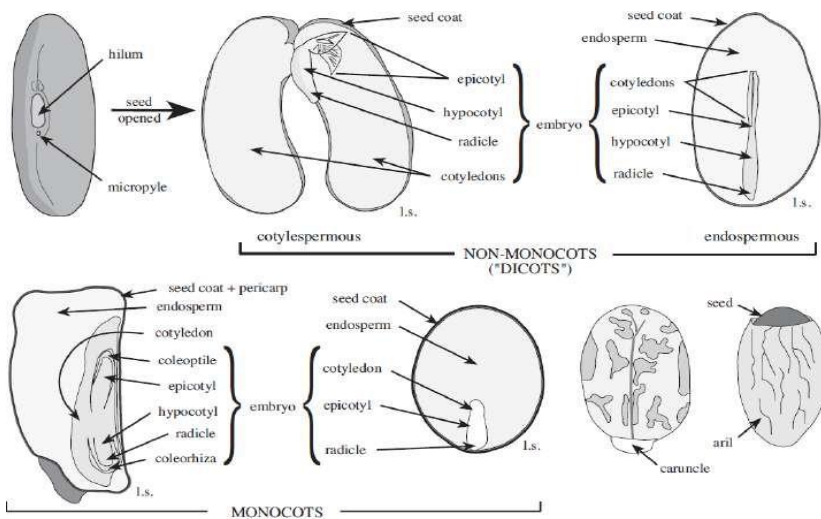
Nut adalah buah berbiji tunggal, kering, tidak pecah dengan perikarp keras, biasanya berasal dari ovarium berlokulus tunggal. (*Nut* dan *achenes* dapat saling bertautan; istilah tersebut terkadang digunakan secara bergantian). *Nutlet* adalah buah kecil seperti kacang; misalnya, merikarp (schizokarp) dari *Boraginaceae* dan *Lamiaceae* disebut nutlet. *Samara* adalah buah bersayap, kering, biasanya tidak pecah. Terakhir, *utricle* adalah buah kering berbiji tunggal yang kecil, berkantung atau menggelembung; *utricle* pada dasarnya adalah *achene* yang perikarpnya jauh lebih besar daripada biji matang, seperti pada *Atriplex* (semak garam).

6. Biji

Aspek morfologi biji menjadi karakter sistematis penting yang digunakan dalam klasifikasi dan identifikasi tanaman. Beberapa aspek penting dari morfologi biji adalah ukuran dan bentuk, serta warna dan fitur permukaan kulit biji, lapisan pelindung luar biji yang berasal dari integumen. Kulit biji angiosperma terdiri dari dua lapisan yang menyatu pascagenital, testa luar yang berasal dari integumen luar (kadang-kadang dibagi menjadi beberapa lapisan, endotesta bagian dalam, mesotesta tengah, dan eksotesta luar) dan tegmen bagian dalam yang berasal dari integumen bagian dalam (yang dapat dibagi menjadi lapisan yang sama, endotegmen, mesotegmen, dan eksotegmen).

Kulit biji yang berdaging saat matang dapat disebut sarcotesta (meskipun ini dapat disamakan dengan *aril*, yang terpisah dari integumen). Yang juga penting dalam morfologi biji adalah bentuk, ukuran, dan warna hilum, bekas perlekatan funikulus pada kulit biji, dan *raphe*,

tonjolan pada kulit biji yang terbentuk dari funikulus adnate. Beberapa biji memiliki *aril* (kata sifat *arillate*), pertumbuhan keluar yang berdaging dari funikulus, *raphe*, atau integumen. *Aril* mungkin merupakan ciri khas kelompok tertentu, seperti *Sapindaceae*. Mirip dengan aril terdapat *caruncle* (juga disebut *elaiosom* atau *strophiole*), pertumbuhan berdaging di pangkal biji; karunkel juga berfungsi dalam penyebaran biji hewan, seperti biji karunkula.



Gambar 1. 17. Bagian-bagian biji, jenis endosperma (l.s. = penampang membujur)
(Sumber : Simpson, 2019)

1.2.2 Adaptasi morfologi

Adaptasi melibatkan fisiologi dan morfologi dan kemungkinan karena genetik atau perkembangan tanaman asal. Beyschlag & Zolt (2017) membahas perubahan perkembangan yang sangat ekstrem pada *Tillandsia bromeliad*, dimana berubah dari tanaman kecil dengan daun sempit menjadi tanaman yang menyimpan air di pangkal daun lebar.

Model ini menunjukkan bahwa tanaman mengikuti strategi untuk mengoptimalkan fotosintesis daun sambil memanfaatkan penyimpanan air untuk menetralkan pasokan air yang tersedia bagi epifit di tajuk pohon (Heslop- Harrison, 2017).

Lata *et al.* (2021) menyebutkan bahwa perubahan morfologi yang membantu kelangsungan hidup dalam kondisi ekologi yang berbeda disebut sebagai perubahan eko-morfologi, seperti contoh:

1. *Eichhornia* (eceng gondok) adalah gulma air yang mengapung bebas yang tumbuh subur di kolam dan danau. Batang dengan buku dan ruas dimodifikasi menjadi cabang spons. Roset daun udara dengan tangkai daun spons yang menyimpan udara dan membantu daya apung merupakan ciri khas. Daun yang mengapung bebas dengan batang spons juga terlihat di *Jussiaea* (Ludwigia), *Salvia* (kubis air), dan *Pistia*.
2. Tangkai daun jeruk (*Citrus*) mengalami modifikasi menjadi struktur seperti sayap dan memiliki kelenjar berbintik-bintik yang juga memiliki aroma.
3. Pada daun *Eucalyptus* terdapat kelenjar minyak pada kedua permukaannya yang membuat tanaman ini beraroma harum dan berkhasiat obat.
4. Bambu dianggap sebagai rumput terpanjang dengan buku dan ruas yang berbunga sekali seumur hidup.
5. Opuntia/kaktus, batangnya dimodifikasi menjadi struktur seperti daun yang bersendi, bercabang, pipih, berdaging, dan sukulen yang disebut filokladia, berwarna hijau yang dimodifikasi untuk fotosintesis. Sementara, daun dimodifikasi menjadi duri untuk mengurangi laju transpirasi. Modifikasi filokladia juga terlihat pada tanaman seperti *Ruscus* (*Liliaceae*) dan

Muehlenbeckia (Polygonaceae).

1.3 Fisiologi Tumbuhan: Proses Hidup dan Metabolisme

1.3.1 Proses fotosintesis dan respirasi

Menurut Stirbet *et al.* (2019), ada tiga fungsi utama yang mendasar bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah:

1. **Fotosintesis:** proses penggunaan klorofil untuk menangkap energi cahaya dan mengubahnya menjadi energi yang disimpan dalam gula. Fotosintesis menggunakan energi cahaya, karbon dioksida (CO_2), dan air (H_2O) untuk menghasilkan glukosa dengan produk sampingan oksigen. Dalam fotosintesis, tumbuhan menggunakan karbon dioksida dari udara dan air di dalam tanah dengan energi matahari untuk menghasilkan fotosintat (gula) yang melepaskan oksigen sebagai produk sampingan.
2. **Transpirasi:** hilangnya uap air melalui stomata daun. Air di akar ditarik melalui transpirasi (kehilangan uap air melalui stomata daun). Transpirasi menggunakan sekitar 90% air yang masuk ke tanaman. 10% lainnya digunakan sebagai bahan dalam fotosintesis dan pertumbuhan sel.
3. **Respirasi:** proses metabolisme (pembakaran) gula untuk menghasilkan energi bagi pertumbuhan, reproduksi, dan proses kehidupan lainnya. Respirasi menggunakan glukosa dan oksigen untuk menghasilkan energi kinetik, dengan produk sampingan karbon dioksida dan air. Dalam respirasi, tumbuhan mengubah gula (fotosintesis) kembali menjadi energi untuk pertumbuhan dan proses kehidupan lainnya. Persamaan

kimia untuk respirasi menunjukkan bahwa fotosintesis teroksidasi, melepaskan energi, karbon dioksida, dan air. Perhatikan bahwa persamaan untuk respirasi adalah kebalikan dari persamaan untuk fotosintesis.

1.3.2 Transportasi air dan nutrisi

Proses perpindahan dan distribusi zat ke berbagai bagian tubuh tumbuhan dikenal sebagai transportasi tumbuhan, contoh difusi, osmosis, imbibisi, dan plasmolisis.

1. Difusi

Difusi merupakan proses alami perpindahan zat dalam tumbuhan dari area berkonsentrasi tinggi ke area berkonsentrasi rendah. Perpindahan ion atau molekul ini dapat terjadi dengan atau tanpa melewati membran semipermeabel. Difusi terjadi akibat perbedaan konsentrasi, dimana tekanan yang dihasilkan mendorong molekul-molekul untuk menyebar.

2. Osmosis

Osmosis adalah perpindahan zat pelarut melalui membran semipermeabel dari larutan berkonsentrasi rendah (hipotonik) ke larutan berkonsentrasi tinggi (hipertonik). Dalam sel tumbuhan, osmosis dapat menyebabkan perpindahan cairan ke dalam atau keluar sel (endosmosis dan eksosmosis). Membran selektif permeabel memungkinkan ion atau molekul tertentu melewatinya, sementara pelarut bebas bergerak melaluinya. Jika terdapat perbedaan konsentrasi antara dua larutan yang dipisahkan oleh membran yang hanya dapat dilewati oleh pelarut, maka molekul pelarut akan bergerak menuju larutan yang lebih pekat.

3. Imbibisi

Imbibisi merupakan proses penyerapan udara ke dalam celah di antara dinding sel, yang mengakibatkan dinding sel mengembang. Istilah ini merujuk pada kemampuan tumbuhan dalam menyerap zat dari lingkungan melalui dinding sel dan plasma sel. Dalam proses imbibisi, molekul udara menempati ruang di antara plasma atau molekul dinding sel, sehingga membantu memperluas sel plasma.

4. Plasmolisis

Eksosmosis adalah proses keluarnya air dari dalam sel melalui membran ketika sel tumbuhan ditempatkan dalam larutan hipertonik, yaitu larutan dengan konsentrasi lebih tinggi dibandingkan dengan cairan di dalam sel. Akibatnya, volume isi sel berkurang. Selain itu, larutan dari luar dapat mengisi ruang antara membran plasma dan dinding sel karena sifat permeabel dinding sel. Plasmolisis terjadi ketika membran plasma terpisah dari dinding sel akibat penyusutan sel plasma. Jika sel yang mengalami plasmolisis ditempatkan dalam larutan hipotonik, air akan masuk kembali ke dalam sel, mengembalikan plasma ke kondisi semula dalam proses yang disebut deplasmolisis.

1.4 Aplikasi Ilmu Anatomi, Morfologi, dan Fisiologi dalam Pengolahan Tanaman Obat

Tanaman adalah organisme multiseluler yang bersifat autotrof. Saat ini, pemanfaatan bahan alami, terutama tanaman obat, cenderung mengalami peningkatan. Sejak zaman dahulu, tanaman obat telah digunakan sebagai obat tradisional, khususnya oleh masyarakat kelas menengah ke bawah. Namun,

dengan kemajuan teknologi, banyak tanaman obat yang kini telah diolah dan dikemas secara modern. Produk hasil pengolahan tanaman obat secara modern ini kemudian berkembang menjadi bagian dari gaya hidup sehat yang alami (Yassir&Asnah, 2017)

Identifikasi tanaman obat yang akurat itu penting. Anatomi, morfologi, dan fisiologi tumbuhan memberikan kontribusi penting terhadap identifikasi tanaman. Penelitian tentang anatomi tumbuhan telah memberikan informasi penting untuk identifikasi tumbuhan dan jawaban atas masalah struktural dan fisiologis.

Tanaman obat adalah sumber obat baru dan banyak obat modern diproduksi secara tidak langsung dari tanaman, misalnya diperkirakan ada lebih dari 250.000 spesies tanaman bunga. Dengan mempelajari tanaman obat, diharapkan membantu memahami toksisitas tanaman dan melindungi manusia dan hewan dari racun alami (Hosseinzadeh et al., 2015).

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan informasi pengobatan tradisional tentang penelitian tanaman obat kembali mendapat perhatian yang besar. Tanaman obat kaya akan metabolit sekunder dan minyak esensial yang penting untuk terapi. Selain ekonomis, keuntungan penting yang diklaim untuk penggunaan terapeutik tanaman obat pada berbagai penyakit adalah keamanan, efektif, dan ketersediaannya yang mudah. Karena keuntungan-keuntungan ini, tumbuhan obat telah banyak digunakan oleh praktisi medis tradisional dalam praktik sehari-hari mereka.

Di antara semua metabolit sekunder tumbuhan yang bertindak sebagai antioksidan, senyawa fenol membentuk kelompok yang besar dan bervariasi. Senyawa fenol berkontribusi secara signifikan terhadap potensi antioksidan beberapa spesies tumbuhan.

Anatomi, morfologi, dan fisiologi tanaman merujuk pada struktur serta bentuk fisiknya. Memahami morfologi tanaman obat sangat penting untuk memanfaatkan bagian-bagian tanaman sebagai bahan baku obat herbal. Untuk meningkatkan produksi serta nilai jual produk dari tanaman obat, diperlukan pengetahuan mengenai komponen yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan obat alami.

Identifikasi morfologi tanaman berfokus pada berbagai bagian tanaman, termasuk bentuk, ukuran, dan warna. Karena karakteristik morfologi tanaman seringkali memiliki kesamaan, masyarakat sering mengalami kesulitan dan kekeliruan dalam mengidentifikasi jenis tanaman obat dengan tepat.

Struktur dan bentuk fisik tanaman termasuk dalam klasifikasi morfologi tanaman. Pada dasarnya, memahami dan mempelajari morfologi tanaman obat sangat bermanfaat dalam pemanfaatan bagian tanaman sebagai obat alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Beyschlag, J. & Zotz, G. (2017). Heteroblasty in epiphytic bromeliads: functional implications for species in understory and exposed growing sites, *Annals of Botany*, 120(5), 681–692. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx048>
- Crang, R., Lyons-Sobaski, S., and Wise, R. (2018). *Plant anatomy: A concept-based approach to the structure of seed plants*. Springer.
- Dutra, R., Nogueira, A., Rossi, S., Chacon Dória, L., Buttò, V., and Marcatti, C. R. (2023). The role of organ and leaf habit on the secondary xylem anatomy variation across 15 species from Brazilian Cerrado. *Forests*, 14(2), 269. <https://doi.org/10.3390/f14020269>
- He, L., Fu, Y., Liu, Z., and Wei, P. (2023). Structural variation patterns in xylem vessels and parenchyma cells and their association with tree evolution. *Forests*, 14(5), 950. <https://doi.org/10.3390/f14050950>.
- Heslop-Harrison J. S. (2017). Morphology, adaptation and speciation. *Annals of Botany*, 120(5), 621–624. <https://doi.org/10.1093/aob/mcx130>
- Hosseinzadeh, S., Jafarikukhdan, A., Hosseini, A., & Armand, R. (2015). The Application of Medicinal Plants in Traditional and Modern Medicine: A Review of *Thymus vulgaris*. *International Journal of Clinical Medicine*, 6(9), 635-642. <http://dx.doi.org/10.4236/ijcm.2015.69084>

- Jie, W. S., Mohd Noor, N. N., Daud, N., Mohamed, F., & Alimon, H. (2014). Anatomy and Developmental Morphology of Medicinal Plants *Jatropha curcas* and *Jatropha podagrica* (Euphorbiaceae) (22 - 30). EDUCATUM Journal of Science Mathematics and Technology, 1(1), 22-30. Retrieved from <https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/EJSMT/article/view/65>
- Lata, S., Lata, R., Ram, R.B., & Verma, R.S. (2021). Morphological and anatomical adaptations of plants to cope up with environmental stress. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 10(6), 142-147. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.31380.10884>
- Leroux, O. (2012). Collenchyma: A versatile mechanical tissue with dynamic cell walls. Annals of Botany, 110(6), 1083-1098. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs186>
- Mar'atushaliha, S., Amir, N.S., Mukarramah, Asma, N., Apriana, A., Nurmiati, A., Tamrin, A.N.Z., Basir, A.M.L., Hidayah, U., Dermawan, D., Ahmad, A., Nur, A.H., Jumartang, J., Amaliah, M., Apriani, A., Nurfahmi, W., Ifna, N., Karimah, N.A., Purnamasari, R.I., Sari, I. (2023). Fisiologi Tumbuhan. Pekalongan: Penerbit NEM.

- Pätzold, J., Feyrer, B., Saumweber, J., Hilger, H. H., and Gottschling, M. (2023). Observations on flower and fruit anatomy in dioecious species of Cordia (Cordiaceae, Boraginales) with evolutionary interpretations. *Organisms Diversity and Evolution*, 23(1), 77-90. <https://doi.org/10.1007/s13127-022-00576-6>
- Riastuti, R.D. & Febrianti, Y. 2021. *Morfologi Tumbuhan Berbasis Lingkungan*. Malang: Ahlimedia Press.
- Roth-Nebelsick, A., and Krause, M. (2023). The plant leaf: A biomimetic resource for multifunctional and economic design. *Biomimetics*, 8(2), 145. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8020145>
- Simpson, M. G. (2019). *Plant Morphology*. Plant Systematics Third Edition. Academic Press. 469–535. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-04664-0>
- Słupianek, A., Dolzblasz, A., and Sokołowska, K. (2021). Xylem parenchyma—role and relevance in wood functioning in trees. *Plants*, 10(6), 1247. <https://doi.org/10.3390/plants10061247>
- Stirbet, A., Lazár, D., Guo, Y., & Govindjee, G. (2019). Photosynthesis: basics, history, and modelling. *Annals of botany*, 126(4), 511–537. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz171>

Suprpto, P., Ardiansyah, R., Diella, D., Chaidir, D., Hendrawan, A., Diana, S., & Amarulloh, A. (2024). Plant Anatomy: Definition, Classification of Plant Organs and Tissue, and Design of a Visuospatial Transformation Learning Model for Teaching Biology. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(2), 557-584. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i2.72105>

Wang, Q., Guo, Q., Shi, Q., Yang, H., Liu, M., Niu, Y., & Li, G. (2024).

Histological and single-nucleus transcriptome analyses reveal the specialized functions of ligular sclerenchyma cells and key regulators of leaf angle in maize. *Molecular Plant*, 17(6), 920-934. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2024.05.001>

Yassir, M. dan Asnah, A. (2017). Pemanfaatan Jenis Tumbuhan Obat Tradisional di Desa Batu Hamparan Kabupaten Aceh Tenggara. *Jurnal Biotik*, 6(1), 17-34. Retrieved from <http://ifkip.umuslim.ac.id/index.php/jesbio/article/view/321>

BAB 2

SIMPLISIA DAN PROSES PENGOLAHANNYA

Oleh Fahriani Istiqamah Jafar

2.1 Pendahuluan

Tanaman herbal merupakan tumbuhan yang memiliki khasiat pengobatan dan secara luas dimanfaatkan untuk mengatasi berbagai penyakit. Masyarakat sangat menggemari pengobatan tradisional berbasis herbal karena menggunakan bahan-bahan alami yang tersedia melimpah di lingkungan sekitar. Tingginya minat masyarakat terhadap pengobatan herbal karena kemudahan memperoleh bahan bakunya (Suparmi & Wulandari, 2012).

Dalam proses pembuatan obat tradisional dan keperluan industri farmasi, dikenal istilah simplisia yang mengacu pada bahan-bahan alami yang dijadikan sebagai bahan dasar. Simplisia merupakan bahan obat yang belum mengalami proses pengolahan apa pun, kecuali dalam bentuk keringnya. Berdasarkan Farmakope Indonesia, simplisia merupakan bahan alam yang tetap mempertahankan bentuk aslinya tanpa mengalami

perubahan atau pencampuran dengan zat lain. Berdasarkan sumbernya, simplisia dibagi kedalam tiga kategori utama. Kategori pertama adalah simplisia nabati yang berasal dari tumbuhan, kedua adalah simplisia hewani yang bersumber dari hewan dan ketiga adalah simplisia mineral yang diperoleh dari bahan-bahan mineral alam (Farmakope, 2014). Dalam bidang farmakognosi, penelitian mengenai simplisia sangat penting karena berkaitan dengan proses identifikasi, karakterisasi, serta manfaat farmakologis dari bahan alami yang digunakan sebagai obat.

Penggunaan simplisia sendiri telah dilakukan sejak zaman dahulu dan sampai saat ini terus berkembang. Berbagai jenis simplisia digunakan dalam pengobatan tradisional maupun modern karena kandungan senyawa aktifnya yang memiliki efek farmakologi tertentu. Oleh karena itu, proses pengolahan simplisia menjadi tahap yang krusial untuk memastikan kualitas dan efektivitas bahan baku obat yang dihasilkan. Proses pengolahan simplisia melibatkan beberapa tahapan penting yang harus dilakukan dengan standar yang baik agar kualitas bahan tetap terjaga. Proses tersebut mencakup pengumpulan bahan baku, pencucian, pemotongan, pengeringan, serta pengemasan dan penyimpanan yang sesuai untuk menjamin keamanan dan efikasi dalam penggunaannya.

2.2 Simplisia

Simplisia didefinisikan sebagai bahan-bahan alami yang diperuntukkan sebagai bahan dasar pembuatan obat, dimana bahan tersebut belum mengalami proses pengolahan apapun kecuali selain pengeringan (Wahyuni dan Guswandi, 2014). Dalam dunia tradisional, simplisia

juga dikenal dengan sebutan herbal, merupakan bahan-bahan alami yang telah dikeringkan dan dapat digunakan untuk pengobatan tanpa memerlukan pengolahan tambahan. Dalam pengertian lebih luas, istilah simplisia mengacu pada bahan-bahan alami yang dapat digunakan sebagai obat dalam keadaan belum diolah atau hanya melalui proses pengeringan sederhana. Proses pengeringan simplisia dilakukan pada suhu yang tidak lebih dari 60°C. sementara itu, simplisia segar mengacu pada bahan alami yang belum mengalami proses pengeringan (Depkes RI, 2008).

Faktor yang paling krusial dalam tahapan produksi adalah kualitas dari bahan baku yang digunakan. Mutu obat herbal sangat bergantung pada kualitas simplisia atau ekstrak yang akan digunakan. Oleh karena itu, untuk memastikan produksi yang optimal, setiap simplisia yang akan dijadikan sebagai bahan baku harus memenuhi kriteria dan standar mutu yang sudah ditetapkan (Sugiarti dan Setyawati, 2017).

2.2.1 Klasifikasi simplisia berdasarkan asalnya

1. Simplisia nabati

Tumbuhan merupakan sumber utama dari simplisia nabati, yang dapat mencakup keseluruhan bagian tanaman, bagian tertentu dari tanaman seperti akar, batang, daun atau dalam bentuk eksudat tanaman (Agoes, 2009). Eksudat tanaman sendiri adalah zat yang berasal dari isi sel tanaman yang dapat muncul secara alami, dilepaskan melalui proses tertentu atau diisolasi dari tanaman tanpa mengalami pemurnian secara kimiawi (ulfah *et al.*, 2022).

Pengembangan obat modern dalam bentuk kapsul dan tablet telah banyak memanfaatkan hasil penelitian dari berbagai jenis simplisia nabati. Simplisia nabati ini juga memegang peranan penting dalam pembuatan obat tradisional seperti jamu. Berdasarkan ketentuan yang dikeluarkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia pada tahun 1985, simplisia nabati diklasifikasikan ke dalam lima kategori yang dibedakan berdasarkan bagian tanaman yang digunakan yaitu :

- a. Simplisia rimpang atau empon-empon. simplisia yang berasal dari bagian rimpang atau yang dikenal dengan empon-empon, dimana bagian yang dimanfaatkan adalah akar rimpang atau umbi dari tanaman. Dalam kelompok ini termasuk berbagai tanaman dari keluarga jahe-jahean seperti jahe, lengkuas, kencur, kunyit, temulawak, lempuyangan, dan temu putih.
- b. Simplisia akar. Bagian yang dimanfaatkan adalah bagian akar tanaman. Contohnya antara lain akar wangi, akar alang-alang, ganda pura.
- c. Simplisia biji. Bagian yang digunakan adalah biji tanaman. Tanaman dalam kategori ini mencakup merica, jintan, biji kapulaga, kedawung, kecipir dan senggani.
- d. Simplisia daun. simplisia yang berasal dari daun tanaman. Beberapa contoh tanaman yang daunnya dimanfaatkan sebagai simplisia antara lain tabat barito, kumis kucing, keji beling, kemuning, dan alpokat.
- e. Simplisia batang. Bagian yang digunakan adalah bagian batang tanaman. Contohnya seperti pasak bumi, pule dan cendana.

Adapun bagian-bagian simplisia yang berasal dari nabati adalah

- a. Simplisia dari daun (*folium*)
 - b. Simplisia dari akar (*radix*)
 - c. Simplisia dari bunga (*flos*)
 - d. Simplisia dari biji (*semen*)
 - e. Simplisia dari buah (*fructus*)
 - f. Simplisia dari batang (*caulis*)
 - g. Simplisia dari kayu (*lignum*)
 - h. Simplisia dari umbi lapis (*bulbus*)
 - i. Simplisia dari seluruh bagian tanaman (*herba*)
 - j. Simplisia dari rimpang (*rhizoma*)
 - k. Simplisia dari ubi (*tubera*)
 - l. Simplisia dari pati (*amilum*)
 - m. Simplisia dari bagian tanaman rendah (*thallus*)
- (Pertiwi dan Wulandari, 2022).

Tabel 2. 1. Simplisia yang berasal dari nabati

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
Agerati Folium	Daun Bandotan (<i>Ageratum conyzoides</i> L.)	Digunakan sebagai obat luka, sakit perut dan perawatan rambut
Basilici Folium	Daun Selasih (<i>Ocimumbasilicum</i> L.)	penurun panas (antipiretik), peluruh haid (emenagoga), Peluruh dahak (ekxpektoran),

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
		penambah nafsu makan, pencegah mual, karminatif, pengelat (adstringen), pengobatan pasca persalinan, Pereda kejang (antispasmodic)
Carambolaeflos	Bunga belimbing (<i>Averrhoa carambola</i> L.)	Digunakan sebagai ekspektoran atau obat batuk untuk mengeluarkan dahak
Eurycomae Radix	Akar pasak bumi (<i>Eurycoma longifolia</i> Jack)	Bermanfaat sebagai antipiretik (penurun panas) dan diuretik (peluruh kencing)
Granati Cortex	Kulit batang delima (<i>Punica granatum</i> L.)	Memiliki fungsi sebagai pengelat (astringen)
Hibiscisimilidis Folium	Daun waru gunung (<i>Hibiscus similis</i> L.)	Berfungsi dalam perawatan rambut, sebagai ekspektoran untuk mengeluarkan dahak
Kalanchois Folium	Daun sosor bebek (<i>Kalanchoe pinnata</i> (Lmk.) Pers)	Sebagai obat luka dan pereda sakit
Lansii Semen	Biji duku	Bermanfaat sebagai

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
		penurun panas (antipiretik), peluruh kencing (diuretik)
Lagenarieae Fructus	Buah labu Panjang, buah labu air (<i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standley)	penurun panas (antipiretik), obat batuk (ekspektoran), Peluruh dahak, peluruh air seni (diuretik)

(Pertiwi dan Wulandari, 2022).

2. Simplisia hewani

Simplisia hewani mencakup bahan-bahan yang bersumber dari hewan, yang dapat berupa hewan secara keseluruhan, bagian-bagian tertentu dari tubuh hewan, atau substansi yang diproduksi oleh hewan, dengan syarat tidak dalam bentuk senyawa kimia murni (Agoes, 2009). Sebuah contoh penggunaan simplisia hewani dapat dilihat pada pengolahan tulang ikan lele yang dimanfaatkan dalam pembuatan kapsul (Pertiwi dan Wulandari, 2022).

Tabel 2.2Simplisia yang berasal dari bahan hewani

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
Oleum iecoris asselli (minyak ikan)	Ikan	Sebagai sumber vitamin D
Mel depuratum (madu lebah)	Lebah	Meningkatkan energi dan stamina tubuh
Adeps lanae (lemak bulu domba)	Domba	Biasanya digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan salep, sabun dan pasta
Deps suillus (lemak perut babi)	Lebah	Bahan salep, dsb.
Cera alba (malam putih)	Lebah	Bahan salep, dsb.
Gelatinum	Protein sapi, ikan dan babi yang diperoleh dari tulang dan kulit hewan	Digunakan sebagai bahan dasar pembuatan jeli, permen lunak, es krim serta sebagai salep dan berbagai produk lainnya
Oleum charcharidis	Minyak ikan hiu	Berperan sebagai sumber kalori serta digunakan dalam pengobatan kekurangan vitamin A

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
		dan B (avitaminosis A dan B)
Cetaceum	Kepala lemak dan badan <i>Physeter catadon L</i>	Bahan salep, suppo, dsb.
Thyroidum	Serbuk kering dan kelenjar tiroid binatang menyusui yang telah dibersihkan dari lemak dan jaringan pengikat	Digunakan dalam pengobatan terhadap myzoedema dan hipotiroidisme (kerdil)

(Marjoni, 2024).

3. Simplisia hewani

Simplisia mineral, atau yang juga dikenal sebagai pelikan merupakan mineral yang yang masih dalam bentuk alaminya, baik yang belum diolah maupun yang telah mengalami proses sederhana namun belum berbentuk zat kimia murni (Marjoni, 2024). Simplisia mineral memiliki beberapa contoh seperti paraffinum solidum, paraffinum liquidum, dan vaselin. Untuk mendapatkan simplisia mineral ini, biasanya dilakukan proses penyulingan dari residu minyak mentah untuk menghasilkan destilat. Destilat yang dihasilkan kemudian dapat diproses lebih lanjut dengan menggunakan bahan-bahan kimia seperti natrium

hidroksida dan asam sulfat (Pertiwi dan Wulandari, 2022).

Tabel 2. 3. Simplisia yang berasal dari bahan mineral

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
Serbuk seng (Zn)	Bisa diperoleh dari makanan seperti keju, kacang-kacangan, daging sapi, ikan laut dan ayam	Meningkatkan kesuburan, membantu dalam proses penyembuhan, memperkuat daya tahan tubuh dan berperan dalam produksi sekitar 100 enzim yang dibutuhkan tubuh. Selain itu seng juga memiliki manfaat untuk kecantikan kulit seperti mencegah timbulnya jerawat, menjaga kelembapan serta mendukung proses regenerasi sel kulit
Serbuk tembaga (Cu)	Sumbernya termasuk dari makanan laut, gandum, jagung dan kacang-kacangan	Membantu dalam produksi hemoglobin dan kolagen serta berperan dalam menjaga kesehatan system saraf

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
Mangan (Mn)	Dapat ditemukan dalam kacang-kacangan, telur, sayuran berdaun hijau dan daging merah. Selain itu, zat juga terkandung dalam beberapa jenis buah seperti stroberi, anggur dan nanas	Memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, mendukung pertumbuhan rambut dan juga kuku, serta membantu produksi enzim yang mengubah karbohidrat dan protein menjadi energi yang dapat digunakan oleh tubuh
Zat besi (Fe)	Sumbernya meliputi daging ayam, daging merah, ikan, hati ayam, dan kacang polong	Berfungsi dalam oksigen dari paru-paru keseluruh tubuh serta membantu proses detoksifikasi atau menghilangkan racun dari dalam tubuh
Kromium (Cr)	Bisa diperoleh dari gandum, roti, daging ikan, keju dan jagung	Bersama dengan vitamin B3, kromium berperan dalam mengatur penyerapan glukosa dari darah ke dalam sel tubuh, kemudian diubah menjadi energi
Magnesium (Mg)	Bisa diperoleh dari kacang-	membantu menjaga kesehatan jantung,

Nama Simplisia	Asal	Manfaat
	kacangan, sayuran berdaun hijau, gandum dan juga tahu	ginjal serta otot
Vaselin flavum	Dari minyak mineral	Digunakan sebagai bahan dalam pembuatan salep serta berfungsi sebagai pencahar lemak
Vaselin album	Veselin flavum yang diputihkan menggunakan asam sulfat	Digunakan sebagai bahan dalam pembuatan salep (tidak untuk salep mata) dan sebagai pencahar lemak
Paraffin liquidum	Destilasi minyak mineral	Digunakan sebagai bahan dalam pembuatan salep serta berfungsi sebagai pencahar lemak

(Pertwi dan Wulandari, 2022).

2.2.2 Klasifikasi simplisia berdasarkan bagian yang digunakan

1. Herba

simplisia yang diperoleh dari bagian tanaman, termasuk akar, batang, bunga daun dan buah dapat dikumpulkan saat tanaman masih dalam keadaan segar (belum berbuah). Simplisia herba biasanya mengandung

senyawa aktif yang tersebar diseluruh bagian tumbuhan. Contoh : herba pegagan, herba nilam, herba kumis kucing.

2. Radix (Akar)

Akar merupakan bagian simplisia yang berasal dari akar tumbuhan. Akar ini umumnya mengandung senyawa aktif yang berperan dalam menyimpan cadangan makanan serta zat-zat penting lainnya yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Contoh :akar gingseng, akar valerian, akar manis.

3. Rhizoma (Rimpang)

Rimpang merupakan batang yang tumbuh di bawah permukaan tanah dan memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan. contoh rimpang yang umum dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional termasuk rimpang yang berasal dari tanaman jahe, kunyit, dan lengkuas.

4. Cortex (Kulit/batang)

Adalah bagian simplisia yang berasal dari bagian kulit atau batang tumbuhan. Kulit atau batang biasanya mengandung senyawa aktif yang berfungsi untuk melindungi tumbuhan dari lingkungan eksternal. Contoh : kulit kayu manis, kulit batang mahkota dewa, kulit batang kina.

5. Folium (Daun)

Adalah bagian simplisia yang berasal dari bagian daun tumbuhan. Daun biasanya mengandung senyawa aktif yang berfungsi untuk proses fotosintesi dan melindungi tumbuhan. Contoh : daun jati, daun senna, daun tempuyung.

6. Flos (Bunga)

Adalah bagian simplisia yang berasal dari bagian bunga tumbuhan. Bunga biasanya mengandung senyawa aktif yang berfungsi untuk menarik polinator dan melindungi tumbuhan. Contoh : Bunga cengkeh, bunga rosela, bunga kamomil.

7. Fructus (Buah)

Adalah bagian simplisia yang berasal dari bagian buah tumbuhan. Buah biasanya mengandung senyawa aktif yang berfungsi untuk penyebaran biji dan menarik hewan pemakan buah. Contoh : Buah pala, buah jinten, buah lada.

8. Semen (Biji)

Adalah bagian simplisia yang berasal dari bagian biji tumbuhan. Biji biasanya mengandung senyawa aktif yang berfungsi untuk penyebaran dan perkecambahan biji. Contoh : biji lada, biji kapas, biji ketumbar (Marjoni, 2024).

2.2.3 Klasifikasi simplisia berdasarkan cara pengolahan

1. Simplisia Segar (Herba Recens)

Adalah simplisia yang diperoleh langsung dari tumbuhan dalam keadaan segar, tanpa melalui proses pengeringan dan oengawetan. Simplisia segar yang mempunyai kandungan air yang masih tinggi dan harus segera digunakan atau diolah untuk mecegah kerusakan.

2. Simplisia Kering (Herba Sicatta)

Adalah simplisia yang telah melalui proses pengeringan untuk mengurangi kandungan air sehingga dapat disimpan lebih lama. Proses pengeringan bisa dibawah sinar matahari, didalam oven atau dengan metode pengeringan lainnya.

3. **Simplisia Basah (Herba Humida)**
Adalah simplisia yang disimpan dalam larutan pengawet, seperti alkohol atau gliserin, untuk mencegah kerusakan. Simplisia basah memiliki kandungan air yang lebih tinggi daripada simplisia kering.
4. **Simplisia Ekstrak (Extractum)**
Adalah simplisia yang telah melalui proses ekstraksi untuk mengambil komponen aktif dari tumbuhan. Ekstraksi dapat menggunakan pelarut tertentu, seperti etanol, air atau pelarut lainnya.
5. **Simplisia Serbuk (Pulvis)**
Adalah simplisia yang telah melalui proses penggilingan atau pengayakan hingga berbentuk serbuk halus. Simplisia serbuk memiliki luas permukaan yang besar sehingga memudahkan proses ekstraksi atau penggunaan selanjutnya.
6. **Simplisia Murni (Puricata)**
Adalah simplisia yang telah diolah untuk mengisolasi komponen aktif tertentu dalam bentuk yang lebih murni. Contoh : Isolat senyawa tertentu dari tumbuhan atau hewan (Marjoni, 2024).

2.3 Proses Pengolahan Simplisia

Proses pengolahan simplisia dilakukan dengan tujuan menjaga kestabilan kandungan zat aktif, menghilangkan kotoran, serta memperpanjang masa simpan. Setiap tahap dalam proses ini harus dilakukan dengan metode yang sesuai guna menjaga kualitas simplisia tetap optimal dan juga aman. Kesalahan dalam proses pengolahan dapat menyebabkan degradasi bahan aktif, kontaminasi mikroba, atau bahkan kehilangan khasiat dari simplisia tersebut. Pengolahan simplisia melibatkan beberapa langkah, yaitu:

2.3.1 Pengumpulan Bahan Baku

Kandungan senyawa aktif yang terkandung dalam suatu simplisia dapat berbeda-beda, dimana variasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama. Faktor-faktor tersebut meliputi:

1. Bagian tanaman
2. Usia tanaman pada saat pemanenan dilakukan
3. Waktu panen
4. Kondisi lingkungan tempat tumbuh dan berkembang

Faktor-faktor seperti waktu panen, bagian tanaman yang digunakan, dan kondisi lingkungan mempengaruhi kualitas simplisia yang dihasilkan. Pembentukan senyawa aktif dalam tanaman sangat berkaitan dengan waktu pemanenan yang tepat. Pemilihan waktu panen yang optimal akan menghasilkan bagian tanaman dengan kandungan senyawa aktif yang mencapai tingkat maksimal (Pertiwi dan Wulandari, 2022). Senyawa aktif adalah komponen yang memiliki kemampuan menginjakkan pengaruh positif atau negatif terhadap Kesehatan manusia dan hewan. Waktu panen yang tepat akan memastikan bahwa senyawa aktif dapat mencapai tingkat optimal dan maksimal.

Apabila pengolahan simplisia tidak dilakukan dengan baik dan benar, maka mutu produk yang dihasilkan dapat menurun bahkan dapat menimbulkan efek toksik apabila dikonsumsi (Marjoni, 2024). Pengambilan bahan baku tanaman harus dilakukan dengan cara tertentu tergantung pada bagian yang digunakan.

Tabel 2. 4. Waktu panen dan cara pengumpulan simplisia

Bagian Tanaman	Waktu panen	Cara pengumpulan	Kadar air
Kulit batang	Panen saat kulit batang masih muda dan masih segar	Batang utama dan cabangnya dikupas hingga memiliki ukuran panjang dan lebar yang seragam. Untuk kulit batang yang mengandung minyak atsiri atau senyawa dari golongan fenol pengelupas dilakukan menggunakan alat non-logam	<10%
Batang	Panen saat tanaman berusia cukup tua (1-2 tahun)	Cabang dipotong dengan diameter dan panjang tertentu	<10%
Kayu	Dipanen saat kayu sudah cukup tua dan kering	setelah kulit dikelupas batang atau cabang, dipotong kecil	<10%
Daun	Panen pada pagi hari setelah embun surut, untuk tanaman obat dan aromati,	Pucuk yang sudah tua maupun muda dipetik satu per satu	<5%

Bagian Tanaman	Waktu panen	Cara pengumpulan	Kadar air
	panen saat daun masih segar dan belum tua		
Bunga	Panen saat bunga mekar sempurna	Kuncup, bunga yang sedang mekar, mahkota bunga atau daun dipetik dengan tangan	<5%
Pucuk	Panen pada pagi hari setelah embun surut, saat pucuk masih muda dan segar	Pucuk berbunga dipetik dengan tangan (mengandung daun muda dan bunga)	<8%
Akar	Untuk tanaman obat, panen tanaman setelah berumur 1-2 tahun	Bagian tanaman dipotong dari bawah permukaan tanah	<10%
Rimpang	Untuk tanaman obat, panen setelah tanaman berumur 1-2 tahun	Cabut dan bersihkan dari akar kemudian potong melintang dengan ketebalan tertentu	<8%
Buah	Panen buah/polong	Pilih yang masak atau hampir masak,	<8%

Bagian Tanaman	Waktu panen	Cara pengumpulan	Kadar air
	jika sudah matang	dipetik	
Biji	Panen buah / polong jika sudah matang	Buah dipanen, kemudian kulitnya dikupas menggunakan tangan atau pisau, biji dikumpulkan dan dicuci	<10%
Kulit buah	Panen jika sudah buah matang	Seperti biji, kulit buah juga dikumpulkan dan dicuci	<8%
Bulbus	Panen tanaman setelah berusia cukup tua (6 bulan-1 tahun)	Tanaman dicabut kemudian bulbus dipisahkan dari daun serta akar dengan dipotong lalu dicuci	<8%
Eksudat	Panen setelah tanaman menghasilkan getah optimal	Sadap getah menggunakan alat yang bersih dan tajam	5 - 15%

(Marjoni, 2024).

2.3.2 Sortasi Basah

Sortasi basah merupakan proses penyortiran hasil panen ketika tanaman masih dalam keadaan segar (Marjoni, 2024). Proses ini bertujuan untuk menghilangkan kontaminan seperti tanah, pupuk, atau mikroorganisme

(Indartiyah *et al.*, 2011). Dalam pembuatan formula sederhana yang menggunakan akar tanaman obat, diperlukan proses pembersihan untuk menghilangkan berbagai material asing seperti tanah, rumput, batang, daun, akar yang rusak dan kontaminan lainnya. Proses penyortiran perlu dilakukan segera setelah tanaman dipanen. Untuk menjaga kualitas hasil panen, bahan-bahan yang telah mati, terkontaminasi lumut atau jamur harus langsung dipisahkan. Khusus untuk sortasi basah pada daun, setelah pemisahan dari batangnya, perlu dilakukan pembersihan untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran seperti tanah yang masih menempel (Marjoni, 2024). Pemisahan simplisia dari kotoran mempunyai tujuan untuk menjaga kemurnian bahan, mengurangi resiko kontaminasi awal yang dapat mempengaruhi proses berikutnya, menekan jumlah mikroba serta memastikan kualitas dan ukuran simplisia tetap konsisten. Tanah sendiri mengandung berbagai jenis mikroorganisme dalam jumlah besar, sehingga membersihkan simplisia dari tanah yang melekat bisa mengurangi jumlah mikroba awal (Pertiwi dan Wulandari, 2022).

Tujuan dari pemisahan simplisia dari kotoran yaitu agar :

1. Menjaga kemurnian simplisia
2. Mengurangi kontaminasi
3. Meminimalkan kontaminasi mikroba
4. Memperoleh simplisia dengan jenis dan ukuran yang lebih beragam

(Marjoni, 2024).

2.3.3 Pencucian

tahap pencucian dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan simplisia dari tanah dan berbagai kontaminan yang mungkin melekat (Prasetyo dan Inorih, 2013). Air yang digunakan dalam proses pencucian harus air bersih, baik yang berasal dari sumur, PAM, maupun mata air. Untuk simplisia yang memiliki kandungan zat yang mudah larut dalam air, proses pencuciannya harus dilakukan secara singkat untuk mencegah hilangnya senyawa aktif yang terkandung di dalamnya. Dalam satu kali pencucian, sekitar 25% mikroba awal dapat dihilangkan, sedangkan pencucian sebanyak tiga kali dapat mengurangi mikroba hingga 47%. Oleh karena itu, kualitas air yang digunakan dalam pencucian sangat penting untuk diperhatikan. Beberapa bakteri yang umum ditemukan dalam air mencakup *Proteus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Enterobacter*, *Bacillus*, dan *Escherichia coli*. Meskipun pencucian dapat mengurangi jumlah mikroorganisme pada simplisia, tidak semua mikroba dapat dihilangkan karena air pencuci juga mengandung sejumlah mikroorganisme. Untuk simplisia berupa akar, batang, dan buah, jumlah mikroba dapat diminimalkan dengan cara mengupas kulitnya (Agoes, 2009). Proses pencucian merupakan tahapan yang krusial karena sebagian besar mikroorganisme berada di permukaan bahan simplisia. Metode pencucian umumnya dilakukan dengan kombinasi perendaman dan penyikatan menggunakan sikat yang lembut. Namun, durasi perendaman harus diperhatikan dengan seksama, karena perendaman yang terlalu lama dapat menyebabkan larutnya zat-zat penting dalam simplisia ke dalam air, sehingga berpotensi menurunkan mutu bahan. Penyikatan sangat dianjurkan terutama untuk rimpang yang memiliki banyak lekukan agar kotoran dapat terangkat lebih efektif. Sebaliknya, untuk simplisia berupa daun, cukup dicuci dalam bak pencucian tanpa perendaman yang lama. Untuk

memastikan kebersihan yang optimal, proses pencucian simplisia sebaiknya dilakukan dengan menggunakan air yang mengalir. Hal ini bertujuan untuk mencegah kotoran yang sudah terlepas agar tidak kembali menempel pada bahan simplisia (Marjoni, 2024).

2.3.4 Perajangan

Tahap selanjutnya adalah proses perajangan untuk mempercepat proses pengeringan dari simplisia. Bahan tanaman obat dapat dirajang tidak terlalu tipis (minimal ketebalan 3 mm) untuk menjaga kandungan senyawa aktifnya (Setiarsoet *et al.*, 2018). Perajangan simplisia adalah proses memotong atau mengiris bahan baku herbal menjadi ukuran yang lebih kecil agar dapat memudahkan proses pengeringan dan mengekstrakan zat aktif dari bahan tersebut. Proses ini merupakan langkah kritis dalam pengolahan simplisia karena mempengaruhi kualitas dan efektifitas akhir dari produk herbal.

Perajangan simplisia bertujuan untuk memperluas area permukaan bahan, sehingga mempercepat proses pengeringan dan mengoptimalkan pelepasan zat aktif selama ekstraksi. Perajangan dilakukan dengan hati-hati dengan tujuan untuk memastikan bahwa potongan bahan memiliki ukuran yang seragam dan mempertahankan struktur serta kandungan bahan alami (Marjoni, 2024).

2.3.5 Pengeringan

Setelah tanaman obat dirajang atau diiris, tahap selanjutnya yang paling penting adalah pengeringan. Tujuan dilakukannya proses pengeringan adalah untuk mengurangi kandungan air yang terdapat dalam simplisia, sehingga

dapat mencegah kerusakan dan memungkinkan penyimpanan dalam periode yang lebih panjang. Selain itu, proses ini juga berfungsi untuk menghentikan aktivitas enzimatis dan mencegah pertumbuhan kapang, jamur, serta mikroorganisme lainnya (Rusmawati *et al.*, 2021). Proses pengeringan pada simplisia memiliki tiga fungsi utama yaitu untuk mempertahankan kualitas bahan, memperpanjang masa simpan atau pengawetan, serta menurunkan jumlah kandungan air di dalamnya (Evifania *et al.*, 2020). Dalam pengolahan simplisia, tahap pengeringan menjadi langkah penting yang dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu pengeringan alami (menggunakan sinar matahari dan penganginan) serta pengeringan buatan (menggunakan oven, uap panas, atau alat lainnya) (Dharma *et al.*, 2020). Dalam melakukan proses pengeringan, ada beberapa aspek penting yang harus diperhatikan, termasuk tingkat suhu, kelembaban, sirkulasi udara, lamanya waktu pengeringan, dan luas area permukaan bahan. Pengeringan yang dilakukan secara tepat dapat menghindarkan terjadinya *face hardening*, yaitu kondisi dimana bagian eksternal bahan terlihat kering sementara bagian internalnya masih mengandung kelembaban. Menurut Agoes (2009), rentang suhu pengeringan dapat bervariasi dari 30°C sampai 90°C, dengan suhu yang paling ideal berada di sekitar 60°C, tergantung pada jenis simplisia dan metode yang digunakan. Untuk simplisia yang mengandung senyawa aktif yang sensitif terhadap panas atau mudah menguap, proses pengeringan dilakukan pada suhu yang lebih rendah (30°C-45°C) atau menggunakan metode vakum. Muller & Heindl (2006) dalam penelitiannya merekomendasikan suhu pengeringan simplisia antara 30°C hingga 50°C. Penggunaan

metode pengeringan buatan dengan suhu tidak melebihi 60°C terbukti menghasilkan simplisia berkualitas lebih baik karena prosesnya lebih merata, lebih cepat, dan tidak tergantung pada kondisi cuaca. Untuk bahan yang memiliki senyawa aktif yang tahan panas, waktu pengeringan dapat dipersingkat menjadi beberapa jam saja, dengan target penurunan kadar air seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan (Fahmi *et al.*, 2020).

2.3.6 Sortasi Kering

Tahapan terakhir dalam proses pembuatan simplisia adalah sortasi kering yang dilakukan setelah pengeringan. Menurut Agoes (2009), tahap ini bertujuan untuk memisahkan simplisia kering dari kontaminan seperti bagian tanaman yang tidak diinginkan dan sisa-sisa kotoran. Untuk menjaga kualitas simplisia, proses sortasi ini penting dilakukan sebelum tahap pengemasan. Marjoni (2024) menjelaskan bahwa sortasi kering dilakukan menggunakan oven, seperti dalam kasus daun semanggi yang telah dikeringkan, dimana proses ini memastikan bahwa bahan benar-benar bersih dari kotoran dan memiliki kadar air yang sudah berkurang secara optimal.

2.3.7 Pengepakan dan Penyimpanan

Setelah melalui proses pengeringan dan dipastikan kebersihannya, simplisia kemudian dikemas dengan menggunakan material yang aman dan tidak mengandung racun. Dalam pengemasan, perlu dicantumkan informasi mengenai nama bahan dan bagian tanaman yang digunakan. Penyimpanan simplisia membutuhkan kondisi yang kering, bebas dari kelembaban, dan terlindung dari sinar matahari

langsung. Menurut Marjoni (2024), terdapat beberapa pilihan bahan kemasan yang dapat digunakan, seperti kantong plastik, kertas, dan karung goni. Untuk simplisia berbentuk cair, dapat menggunakan wadah seperti botol kaca atau guci porselen. Sedangkan untuk simplisia yang memiliki aroma khas, dapat dikemas menggunakan peti kayu yang telah dilapisi timah atau kertas timah. Agoes (2009) menambahkan bahwa simplisia yang memiliki sensitivitas terhadap panas perlu dikemas dalam wadah yang dapat melindunginya dari cahaya, seperti aluminium foil, plastik, botol berwarna gelap, atau kaleng.

Simplisia memiliki risiko mengalami kerusakan selama masa penyimpanan. Untuk mencegah hal tersebut, pemilihan wadah penyimpanan harus memenuhi kriteria yaitu stabil, tidak reaktif, dan bebas dari racun sehingga tidak menyebabkan perubahan pada karakteristik simplisia seperti warna, aroma, atau rasanya. Kualitas simplisia dapat mengalami penurunan yang disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu faktor yang berasal dari dalam (internal) maupun faktor dari luar (eksternal), contohnya seperti:

1. Cahaya
Paparan cahaya dengan panjang gelombang tertentu menyebabkan perubahan kimia pada simplisia, seperti rasemisasi, polimerisasi, isomerisasi dan reaksi lainnya.
2. Oksigen udara
Beberapa senyawa dalam simplisia bisa mengalami perubahan kimia akibat paparan oksigen, yang mengarah pada proses oksidasi. Hal ini dapat berdampak pada bentuk dan stabilitas simplisia.
3. Reaksi kimia internal

Reaksi kimia yang terjadi di dalam simplisia dapat disebabkan oleh aktivitas enzim, oto-oksidasi, polimerisasi dan reaksi lainnya.

4. Dehidrasi

Ketika kelembapan udara lebih rendah dari kadar air dalam simplisia, air dalam simplisia akan perlahan menguap, menyebabkan penyusutan ukuran seiring waktu.

5. Penyerapan air

Untuk jenis simplisia yang memiliki sifat higroskopis (mudah menyerap air) seperti agar-agar, penyimpanan dalam wadah yang tidak tertutup dapat menyebabkan penyerapan kelembapan dari udara. Akibatnya, simplisia tersebut dapat mengalami perubahan fisik seperti penggumpalan, menjadi basah, atau bahkan berubah menjadi cair.

6. Pengotoran

Berbagai jenis kontaminan dapat mencemari simplisia, mulai dari debu, pasir, kotoran yang berasal dari hewan, benda-benda asing, hingga serpihan dari wadah yang digunakan untuk menyimpan simplisia tersebut.

7. Serangga

Kerusakan dan kontaminasi simplisia juga dapat disebabkan oleh serangga. Selain kotoran serangga, pengotoran bisa berupa sisa metamorfosis, seperti cangkang telur, kepompong, anyaman benang, dan kulit serangga yang terlepas.

8. Kapang

Jika kadar air dalam simplisia terlalu tinggi, pertumbuhan kapang dapat terjadi. Selain merusak jaringan simplisia, kapang juga dapat mengubah komposisi kandungan kimia dalam simplisia. Beberapa

jenis kapang bahkan dapat menghasilkan racun yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Ketahanan simplisia selama penyimpanan sangat bergantung pada jenis simplisia, kadar air, dan metode penyimpanannya. Beberapa simplisia memiliki daya tahan yang lebih lama dibandingkan yang lain (Pertiwi dan Wulandari, 2022).

2.4 Pemeriksaan Mutu

Menurut Agoes (2009), evaluasi kualitas simplisia dapat dilakukan pada dua tahap penting yaitu saat pemanenan atau ketika melakukan pembelian dari pemasok dan pedagang. Setiap kali simplisia tertentu dipanen atau dibeli, perlu dilakukan pengujian kualitas dengan cara membandingkannya dengan simplisia yang dijadikan acuan. Dalam farmakope herbal, pemeriksaan mutu simplisia meliputi berbagai parameter pengujian. Parameter-parameter tersebut mencakup identifikasi simplisia baik secara makroskopis maupun mikroskopis, pengukuran kadar susut pengeringan, penentuan kadar abu yang tidak larut dalam asam, pengukuran kadar abu total, analisis kandungan ekstrak, pemeriksaan pola kromatografi, serta pengujian kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam simplisia.

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Simplisia

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi suatu kualitas simplisia sangat penting untuk diperhatikan untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan mempunyai efektivitas dan keamanan yang optimal. Kualitas simplisia

bisa bervariasi tergantung pada metode pengolahan dan juga kondisi penyimpanan. Oleh karena itu, pemilihan teknik yang tepat pada setiap tahap pengolahan menjadi kunci dalam mempertahankan kandungan zat aktif pada simplisia. Beberapa faktor utama yang berperan dalam kualitas simplisia meliputi:

1. **Waktu dan metode pemanenan:** Pemanenan dilakukan pada waktu yang tepat dan metode yang sesuai akan menghasilkan simplisia dengan kandungan zat aktif optimal.
2. **Teknik pengeringan:** Pengeringan yang terlalu cepat atau terlalu lambat dapat merusak senyawa aktif dalam simplisia, sehingga mempengaruhi kualitasnya.
3. **Kondisi penyimpanan:** Penyimpanan dalam suhu, kelembaban, dan pencahayaan yang tidak sesuai dapat menurunkan stabilitas dan efektivitas simplisia.
4. **Kontaminasi mikroba dan bahan asing:** Adanya kontaminasi dapat menyebabkan degradasi zat aktif, menurunkan efektivitas obat, dan berpotensi menimbulkan efek samping.

DAFTAR PUSTAKA

- Agoes, Goeswin. 2009. *Teknologi Bahan Alam (Serial Farmasi Industri-2) ed. revisi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Dharma, M.A., Nocianitri, K.A. and Yusasrini, N.L.A. 2020. *Pengaruh metode pengeringan simplisia terhadap kapasitas antioksidan wedang uwuh*. Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA), 9(1), p.88.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2008. *Farmakope Herbal Indonesia, Edisi I*. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Fahmi, N., Herdiana, I. and Rubiyanti, R. 2019. *Pengaruh metode pengeringan terhadap mutu simplisia daun pulutan (Urena lobata L.)*. Media Informasi, 15(2), pp.165-169.
- Farmakope Indonesia Edisi VI. 2014. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Indartiyah, N., Siregar, I., Agustina, Y.D., Wahyono, S., Djauhari, E., Hartono, B., Fika, W., Maryam, dan Supriyatna, Y. 2011, *Pedoman Teknologi Penanganan Pascapanen Tanaman Obat*. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Marjoni, M. R. 2024. *Buku teks Darmakognosi seri simplisia untuk mahasiswa farmasi*. Jakarta: Trans Info Media.
- Müller, J.O.A.C.H.I.M. and Heindl, A. 2006. *Drying of medicinal plants*. In Medicinal and aromatic plants. Springer, Dordrecht.
- Pertiwi, R & Wulandari, S. 2022. *Buku Ajar Farmakognosi Simplisia Minyak Atsiri dan Gula*. Klaten: Penerbit Lakeisha.

- Prasetyo, M.S. and Inorihah, E., 2013. *Pengelolaan budidaya tanaman obat-obatan (bahan simplisia)*. Bengkulu: Badan Penerbitan Fakultas Pertanian UNIB, 2(1).
- Raja, K.S., Taip, F.S., Azmi, M.M.Z. and Shishir, M.R.I. 2019. *Effect of pre-treatment and different drying methods on the physicochemical properties of Carica papaya L. leaf powder*. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18(2), pp.150-156.
- Rusmawati, L., Sjahid, L.R. and Fatmawati, S. 2021. Pengaruh cara pengeringan simplisia terhadap kadar fenolik dan aktivitas tabir surya ekstrak etanol 70% daun cincau hijau (*Cyclea barbata* Miers.). *Media Farmasi Indonesia*, 16(1), pp.1643-1651.
- Setiarso, P., Kusumawati, N., Rusijono, R. and Muslim, S. 2018. *Optimization of Slice Thickness, Drying Method, and Temperature of Turmeric Rhizome (Curcuma Longa L.) Based on Water Content and Functional Compound Degradation*. In International Conference on Science and Technology (ICST 2018) (pp. 46-52). Atlantis Press.
- Sugiarti, L. and Setyawati, T. 2017. *Karakteristik mutu simplisia rimpang jahe di pj. Cap klanceng kudus*. Jurnal Keperawatan dan Kesehatan Masyarakat Cendekia Utama, 6(1).
- Suparni (Ny.), Wulandari, A. and Prabawati, T.A., 2012. *Herbal Nusantara: 1001 ramuan tradisional asli Indonesia*. Rapha Publishing.
- Utami, M.R., Prihastanti, E. and Suedy, S.W.A. 2016. *Pengaruh Irisan Rimpang Terhadap Berat Kering dan Performa Simplisia Lempuyang Wangi (Zingiber aromaticum Val.) setelah Pengeringan*. Buletin Anatomi dan Fisiologi, 1(1), pp.1-5.
- Wahyuni, R., Guswandi, G. and Rivai, H., 2017. *Pengaruh cara pengeringan dengan oven, kering angin dan cahaya matahari langsung terhadap mutu simplisia herba sambiloto*. Jurnal Farmasi Higea, 6(2), pp.126-132.

BAB 3

KANDUNGAN ZAT BERKHASIAT (SENYAWA BIOAKTIF) DALAM TANAMAN OBAT

Oleh Nita Triadisti

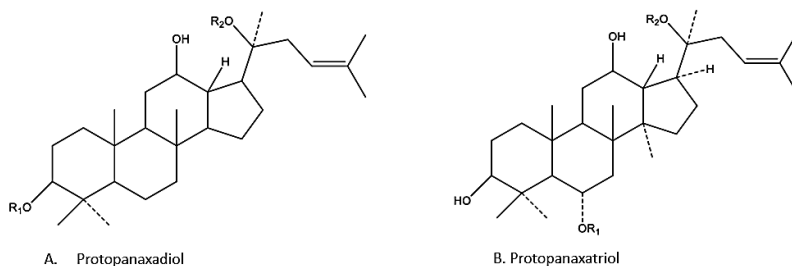
Tanaman obat telah lama dikenal sebagai sumber senyawa bioaktif yang kaya dengan potensi terapeutik. Pengembangan metode fisikokimia dan penelitian terhadap zat kimia individual yang diisolasi dari tanaman telah berkontribusi pada perluasan sektor farmasi yang pesat. Senyawa tertentu yang berasal dari tanaman, seperti morfin untuk analgesik dan paclitaxel untuk kemoterapi, telah menjadi obat penting dalam pengobatan modern (Hikisz and Bernasińska, 2021). Menurut WHO, lebih dari 80% dari total populasi dunia bergantung pada obat tradisional untuk memenuhi kebutuhan perawatan kesehatan primer mereka. Tanaman dan obat-obatan berbasis tanaman digunakan sebagai dasar banyak industri farmasi modern saat ini untuk pengobatan berbagai penyakit (Pieme et al., 2014). Beberapa molekul fitokimia dari tanaman obat, seperti alkaloid, flavonoid, tanin, dan fenol, telah dipelajari dan dikarakterisasi berdasarkan tindakan fisiologisnya pada tubuh manusia. Tanaman obat menghasilkan berbagai senyawa dengan khasiat terapeutik yang diketahui, yang

secara tradisional telah digunakan untuk mengobati banyak penyakit (Bezalwar, 2015).

3.1 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antidiabetes

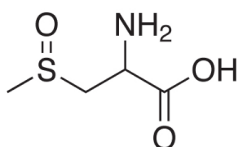
3.1.1 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Ginseng (*Panax ginseng*)

Akar tanaman ini dicirikan oleh beragam senyawa bioaktif, termasuk glikosida triterpen, yang umumnya dikenal sebagai saponin, yang sebagian besar disebut sebagai ginsenosida (protopanaxadiol dan protopanaxatriol). Komponen penting lainnya termasuk panaxans, asam vanilat, dan salisilat. Lebih jauh, semua bagian tanaman memiliki berbagai konstituen aktif, seperti asam amino, alkaloid, dan senyawa fenolik. Khususnya, akarnya juga mengandung protein, polipeptida, dan vitamin B1 dan B2, yang telah diidentifikasi secara sistematis dalam literatur (Tran, Pham and Le, 2020).



Gambar 3. 1. Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam bawang merah (*Allium cepa*)

Aktivitas hipoglikemik ekstrak *Allium cepa* Linn. telah didokumentasikan dalam berbagai penelitian. Umbi tanaman ini terkenal karena kandungan S-metil sistein sulfoksida dan S-alil sistein sulfoksida, yang keduanya menunjukkan sifat anti-diabetes yang signifikan. Senyawa bioaktif ini telah terbukti secara efektif menurunkan kadar glukosa darah dan memiliki aktivitas antioksidan yang substansial, yang dapat berkontribusi pada potensi hipoglikemiknya. S-metil sistein sulfoksida, khususnya, menunjukkan efek anti-diabetesnya melalui tiga mekanisme yang berbeda: (1) merangsang produksi insulin di pankreas, meningkatkan sekresinya; (2) mengganggu penyerapan glukosa makanan; dan (3) meningkatkan kemanjuran penggunaan insulin dalam tubuh. Tindakan multifaset ini menggarisbawahi potensi terapeutik *Allium cepa* sebagai agen alami untuk mengelola kadar glukosa dan mendukung kesehatan metabolisme (Das, 2002; Kumari and Augusti, 2002).

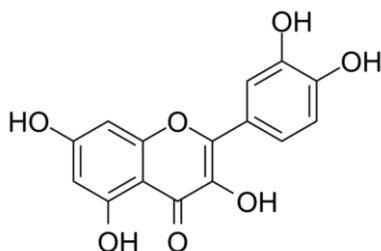


Gambar 3. 2. S-metil sistein sulfoksida

3.1.3 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Patikan Kebo (*Euphorbia hirta*)

Euphorbia hirta dicirikan oleh beragam senyawa bioaktif, yang meliputi flavonoid, terpenoid, senyawa fenolik, minyak atsiri, dan konstituen fitokimia lainnya. Di antara flavonoid yang diidentifikasi dalam *E. hirta* adalah quercetin,

quercitrin, quercitol, dan turunannya. Profil terpenoid *E. hirta* mencakup berbagai triterpenoid, terutama α -amirin, β -amirin, friedelin, teraxerol, cycloartenol, dan 24-methylene-cycloartenol. Selain itu, senyawa seperti ingenol triacetate, β -sitosterol, dan campesterol juga telah diisolasi. Lebih jauh lagi, ekstrak *E. hirta* mengandung tanin kompleks, termasuk tanin dehidroelagik yang dapat dihidrolisis dimerik, serta euphorbin A, B, C, dan E. Tanin monomerik terhidrolisis yang teridentifikasi meliputi geraniin, 2,4,6-tri-O-galloyl- β -D-glukosa, dan 1,2,3,4,6-penta-O-galloyl- β -D-glukosa. Selain itu, ester seperti asam 5-O-caffeoylquinic (juga disebut asam neo-klorogenat), asam 3,4-di-O-galloylquinic, dan benzyl gallate telah didokumentasikan dalam spesies ini (Kumar, Malhotra and Kumar, 2010; Widharna *et al.*, 2010).



Gambar 3. 3. Kuersetin

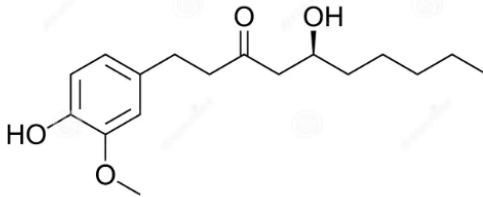
Kehadiran berbagai senyawa bioaktif, khususnya dalam ekstrak kloroform dan etil asetat, telah menunjukkan kemanjuran dalam manajemen diabetes melalui penghambatan enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, seperti α -amilase. Penelitian membuktikan efek hipoglikemik dari ekstrak etanol tanaman ini pada tikus diabetes yang diinduksi aloksan, dengan hasil *in vitro* yang

sesuai memvalidasi efek penghambatan ekstrak pada aktivitas α -glukosidase (Kumar, Malhotra and Kumar, 2010).

3.1.4 Senyawa Bioaktif Antidiabetes dalam Jahe (*Zingiber officinale* Rosc)

Komposisi fitokimia jahe menunjukkan variabilitas yang cukup besar, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti asal geografis dan keadaan tanaman (segar atau kering). Khususnya, rimpang jahe memiliki sifat penangkal radikal bebas yang kuat. Konstituen utama fitokimia ini meliputi minyak atsiri, senyawa fenolik, dan senyawa yang relevan lainnya. Minyak atsiri, yang juga disebut minyak esensial jahe, terdiri dari campuran kompleks senyawa terpenoid, termasuk hidrokarbon seskuiterpen, hidrokarbon monoterpen, senyawa karbonil, alkohol, dan ester. Di antara senyawa-senyawa ini, konstituen fenolik sangat signifikan dan dikategorikan menjadi dua kelompok berbeda: yang terkait dengan gingerol, gingeron, dan shogaol, dan diarilheptanoid. Gingerol, komponen pedas utama jahe, terdiri dari beragam zat bioaktif. Lebih jauh lagi, jahe memiliki spektrum asam amino yang luas, termasuk namun tidak terbatas pada glutamat, asam aspartat, serin, glisin, treonin, dan alanin. Selain itu, tanaman ini mengandung berbagai polisakarida dan asam organik, seperti asam oksalat dan asam tartarat, yang berkontribusi pada profil fitokimianya secara keseluruhan. Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa rimpang tanaman ini memiliki komponen bioaktif yang mampu meningkatkan penyerapan glukosa dalam miotube L6 yang dikultur. Penelitian ini secara khusus menunjukkan bahwa konstituen fenolik, khususnya gingerol, berfungsi sebagai senyawa aktif utama

yang bertanggung jawab atas peningkatan penyerapan glukosa yang diamati. Selain itu, penelitian lain telah menunjukkan bahwa ekstrak jahe segar menunjukkan efek penghambatan pada aktivitas enzimatis alfa-amilase dan alfa-glukosidase, serta bertindak sebagai penghambat enzim pengubah angiotensin. Temuan ini menggarisbawahi potensi aplikasi terapeutik jahe dalam pengaturan metabolisme glukosa dan jalur enzimatis terkait (Obloh *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2012; Imtiyaz *et al.*, 2013; Liu, Liu and Zhang, 2019)



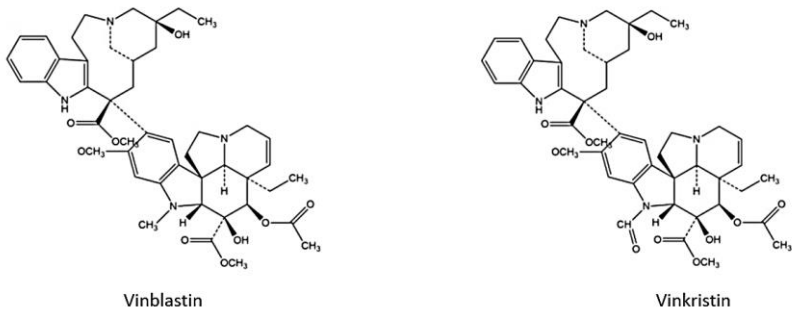
Gambar 3. 4. Gingerol

3.2 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antikanker

3.2.1 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam Tapak Dara (*Catharanthus roseus*)

Pemanfaatan senyawa yang berasal dari tanaman sebagai agen antikanker telah dibuktikan melalui isolasi dua alkaloid penting: vinkristin dan vinblastin, yang berasal dari tanaman *Catharanthus roseus*, yang umumnya dikenal sebagai *periwinkle Madagaskar*. Alkaloid ini telah digunakan dalam pengobatan kanker selama sekitar lima dekade. Mekanisme kerjanya melibatkan penghambatan polimerisasi tubulin, sehingga mencegah pembentukan

spindel mitosis, yang pada akhirnya menyebabkan apoptosis atau penghentian metafase pada sel kanker. Sejumlah agen farmakologis antikanker lainnya, termasuk *vinorelbine*, *vinflunine*, *veratridine*, dan *berbamine*, juga diklasifikasikan sebagai alkaloid alami yang berasal dari tumbuhan. Beberapa analog semi-sintetik dari obat alkaloid vinblastin dan vinkristin telah dikembangkan. Salah satu turunan yang terkenal, vindesin, disintesis melalui substitusi gugus C-asetil dengan gugus amino dalam struktur vinblastin. Vindesin terutama digunakan dalam pengobatan leukemia limfositik akut dan untuk leukemia mielogenus kronis serta dalam pengelolaan berbagai keganasan, termasuk kanker payudara, kanker paru non-sel kecil, kanker kolorektal, dan kanker ginjal (Jordan, Thrower and Wilson, 1991; Jordan and Wilson, 2004).

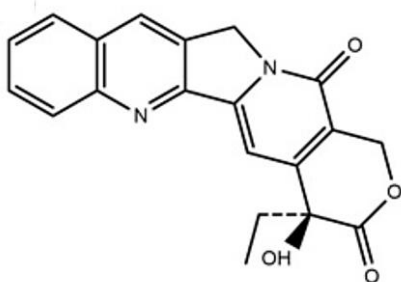


Gambar 3. 5. Vinblastin dan Vinkristin

3.2.2 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam *Camptotheca acuminata*

Spesies tanaman *Camptotheca acuminata* merupakan sumber agen antikanker camptothecin (CPT), suatu alkaloid quinoline yang bekerja dengan menghambat aktivitas

topoisomerase-I, yang menyebabkan kerusakan DNA dan, akhirnya, kematian sel. Karena toksisitasnya yang parah dan kelarutan airnya yang rendah, obat ini dihentikan dari uji klinis. Beberapa turunan CPT dikembangkan dan disetujui untuk penggunaan klinis guna mengatasi keterbatasan ini. Beberapa turunan CPT adalah irinotecan, belotecan, dan topotecan, yang secara aktif menghambat DNA topoisomerase-I, suatu enzim yang terlibat dalam replikasi dan transkripsi DNA. 9-aminocamptothecin (9-AC) merupakan turunan semi-sintetik CPT lain yang menunjukkan efek aktivitas yang baik pada analisis pra-klinis tetapi belum menunjukkan aktivitas antikanker yang efektif secara klinis hingga saat ini (Hsiang *et al.*, 1985; Oberlies and Kroll, 2004).

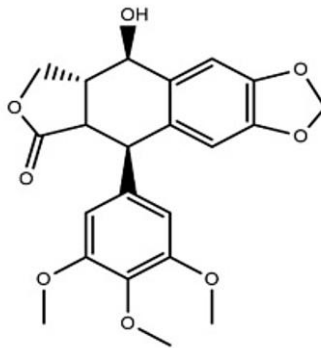


Gambar 3. 6. *Camptothecin*

3.2.3 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam *Podophyllum peltatum*

Podophyllum peltatum, yang umumnya dikenal sebagai *Mayapple*, berfungsi sebagai sumber penting senyawa antikanker *Podophyllotoxin*. Tanaman ini khususnya

terkenal karena dua analog utamanya, Teniposide dan Etoposide. Senyawa-senyawa ini digunakan dalam manajemen terapeutik berbagai keganasan melalui mekanisme kerjanya, yang melibatkan penghambatan enzim topoisomerase II. Kegunaan klinis Teniposide dan Etoposide sering kali terhambat oleh beberapa tantangan, termasuk inaktivasi metabolik, kelarutan air yang kurang optimal, dan perkembangan resistensi obat. Untuk mengatasi keterbatasan ini, para peneliti telah mensintesis berbagai turunan semi-sintetik, seperti azatoksin, NK-611, Top-53, tafluposide, GL-331, dan etoposide fosfat (Imbert, 1998).



Gambar 3. 7. Podophyllotoxin

3.2.4 Senyawa Bioaktif Antikanker dalam *Taxus chinensis*

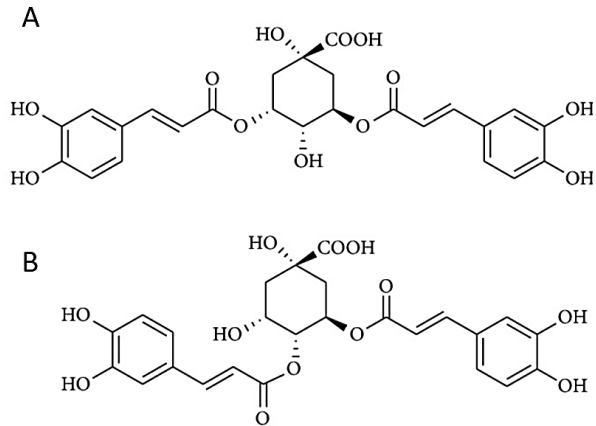
Dai *et al* melakukan penelitian *in vivo* dan *in vitro* untuk menjelaskan sifat antikanker *Taxus chinensis* dalam kaitannya dengan kanker paru-paru. Temuan tersebut menunjukkan bahwa ekstrak air tanaman ini menunjukkan efek antikanker yang nyata, terutama dengan mendegradasi CD47 sambil menunjukkan toksisitas minimal. Dalam studi

terpisah, Wu *et al* mengevaluasi kemanjuran antitumor dari polisakarida, yang disebut CPTC-2, yang diisolasi dari *Taxus chinensis* dengan fokus pada efeknya terhadap lini sel kanker lambung, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan aktivitas antitumor yang signifikan yang bergantung pada dosis (Naik *et al.*, 1988; Dai *et al.*, 2022).

3.3 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antiinflamasi

3.3.1 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam *Ainsliaea fragrans* Champ

Ainsliaea fragrans Champ., merupakan anggota famili Asteraceae, dimana tanaman ini mengandung dua senyawa fenolik aktif utama: asam 3,5-dicaffeoylquinic dan asam 4,5-dicaffeoylquinic. Penelitian terkini telah menunjukkan bahwa ekstrak yang berasal dari *Ainsliaea fragrans* menunjukkan kemampuan untuk melemahkan ekspresi mediator inflamasi utama, terutama dengan memodulasi jalur pensinyalan NF- κ B. Senyawa asam 3,5-dicaffeoylquinic secara selektif memengaruhi mediator inflamasi, asam 4,5-dicaffeoylquinic menunjukkan efek yang lebih nyata dengan secara efektif menghambat jalur yang diaktifkan oleh NF- κ B. Investigasi ini mengungkap bahwa ekstrak dan senyawa spesifik asam 4,5-dicaffeoylquinic memiliki potensi antiperadangan yang signifikan, terutama dalam kapasitasnya untuk menekan jalur pensinyalan utama, sehingga menggarisbawahi relevansinya dalam pengembangan terapi antiperadangan (Chen *et al.*, 2015).

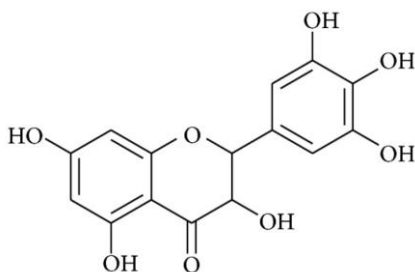


Gambar 3. 8. Asam 3,5-dicaffeoylquinic (A) and Asam 4,5-dicaffeoylquinic (B)

3.3.2 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam *Ampelopsis grossedentata*

Ampelopsis grossedentata, anggota famili Vitaceae, merupakan herba yang dapat dimakan dan tersebar luas di Tiongkok dan memegang peranan penting dalam pengobatan tradisional Tiongkok untuk mengobati faringitis, infeksi tenggorokan, demam, dan gangguan kulit yang bersifat alergi. Hou *et al* telah mengisolasi senyawa bioaktif flavonoid dihidromirisetin dan menguji potensi antiinflamasinya melalui pemanfaatan model makrofag. Temuan penelitian ini menjelaskan bahwa dihidromirisetin menunjukkan kapasitas yang kuat untuk menghambat sitokin proinflamasi sekaligus meningkatkan produksi sitokin antiinflamasi interleukin-10. Selain itu, dihidromirisetin telah terbukti menurunkan ekspresi protein inflamasi utama, khususnya *inducible nitric oxide*

synthase (iNOS) dan *cyclooxygenase-2* (COX-2), pada makrofag yang mengalami rangsangan inflamasi. Aktivitas anti-inflamasi *A. grossedentata* tampaknya melibatkan beberapa mekanisme, terutama yang berdampak pada jalur pensinyalan spesies oksigen reaktif (ROS)/Akt/IκK/NF-κB secara saling bergantung. Dengan demikian, dihidromirisetin muncul sebagai kandidat yang menjanjikan untuk intervensi terapeutik dalam kondisi peradangan (Qi *et al.*, 2012; Hou *et al.*, 2015).

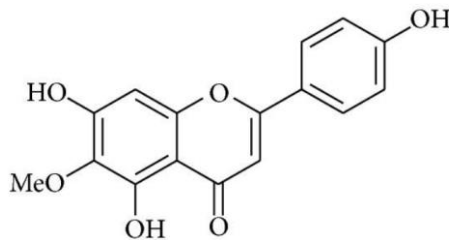


Gambar 3. 9. Dihidromirisetin

3.3.3 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam *Clerodendrum inerme*

Clerodendrum inerme (L.) Gaertn., merupakan anggota famili Verbenaceae yang banyak ditemukan di ekosistem mangrove pesisir Thailand dan berbagai negara Asia Selatan, tempat tanaman ini digunakan dalam praktik pengobatan tradisional. Dari tanaman ini telah berhasil diisolasi tiga flavon, antara lain: akasetin (1), hispidulin (2), dan diosmetin (3). Di antara flavon ini, hispidulin merupakan senyawa antiinflamasi yang paling kuat, yang ditandai dengan kemampuannya untuk menghambat aktivitas

pengikatan DNA NF- κ B serta jalur pensinyalan JNK. Penghambatan ini selanjutnya mengarah pada penurunan regulasi mediator inflamasi penting, termasuk ekspresi *inducible nitric oxide synthase* (iNOS) dan *cyclooxygenase-2* (COX-2). Temuan ini menggarisbawahi potensi terapeutik *Clerodendrum inerme* dalam pengelolaan kondisi inflamasi (Srisook *et al.*, 2015).

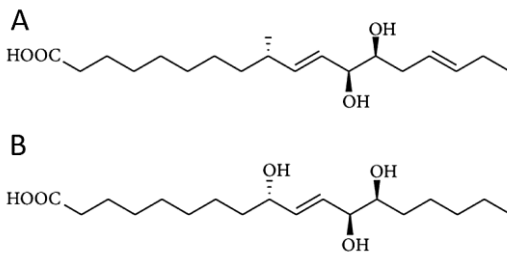


Gambar 3. 10. Hispidulin

3.3.4 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam *Cyperus rotundus*

Cyperus rotundus merupakan tanaman obat tradisional yang digunakan untuk mengobati berbagai penyakit dan gangguan. Studi farmakologis terkini telah mengidentifikasi beberapa senyawa bioaktif dalam spesies ini, terutama asam fulgidat dan asam pinelat, yang berkontribusi terhadap efek antiinflamasi yang diamati. Asam fulgidat, yang dicirikan sebagai asam lemak trihidroksi C18 tak jenuh, telah terbukti secara signifikan menghambat produksi sitokin proinflamasi dan mediator inflamasi lainnya yang diinduksi lipopolisakarida. Tindakan ini dimediasi melalui inaktivasi faktor transkripsi, yang menunjukkan kemanjuran yang

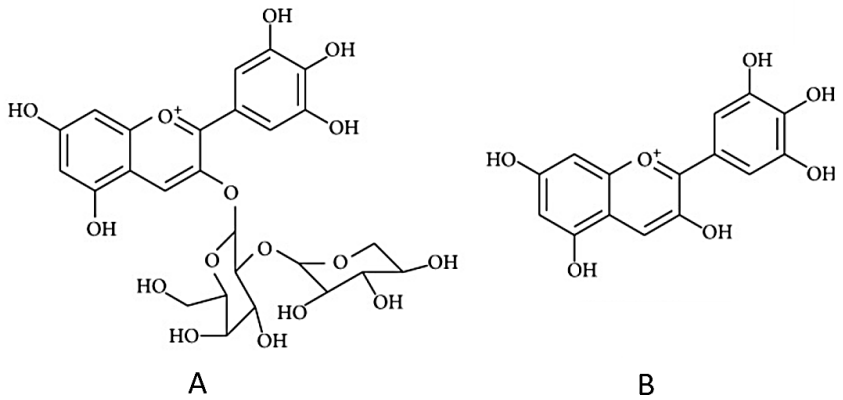
lebih nyata dibandingkan dengan asam pinelat (Johari, Joshi and Gandhi, 2016).



Gambar 3. 11. Asam fulgidat (A) dan Asam pinelat (B)

3.3.5 Senyawa Bioaktif Antiinflamasi dalam *Hibiscus sabdariffa*

Hibiscus sabdariffa L. (famili Malvaceae) dikenal baik sebagai makanan fungsional maupun sebagai komponen obat herbal tradisional Tiongkok, khususnya dikenal karena potensi terapeutiknya dalam pengelolaan berbagai penyakit terkait peradangan. Sogo *et al* menunjukkan bahwa aglikon antosianin, terutama *delphinidin* dan sianidin secara efektif menghambat ekspresi mediator inflamasi utama, termasuk siklooksigenase-2 (COX-2) dan prostaglandin E2 (PGE2). Aktivitas senyawa bioaktif tanaman ini: *delphinidin 3-sambubioside* (Dp3-Sam) melibatkan penurunan regulasi yang signifikan pada jalur NF-κB dan ERK1/2, yang dicapai melalui penekanan sejumlah mediator inflamasi (Sogo *et al.*, 2015; Lazalde-Cruz *et al.*, 2021).



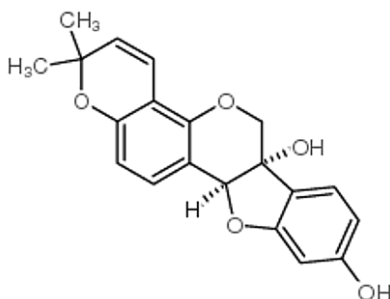
Gambar 3. 12. Delphinidin 3-sambubioside (A) dan Delphinidin (B)

3.4 Senyawa Bioaktif dalam tanaman obat sebagai antihiperlipidemia

3.4.1 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam Kedelai (*Glycine max*)

Kedelai terdiri dari protein (40%), karbohidrat (30%), lipid (18%), beserta vitamin, mineral, dan air (12%). Selain itu, kedelai mengandung zat-zat seperti asam fitat, gliserol, triterpen, fenolik, isoflavon, lignan, karotenoid, kumarin, inhibitor protease, oligosakarida, dan serat makanan. Oligosakarida kedelai dapat mempercepat pertumbuhan bakteri probiotik yang bermanfaat. Senyawa fenolik telah menunjukkan efek antioksidan yang membantu mencegah kerusakan DNA yang disebabkan oleh spesies oksigen reaktif. *Glyceollins* menunjukkan berbagai efek biologis, termasuk menurunkan kolesterol, memiliki sifat antibakteri dan antijamur, menunjukkan aktivitas antiestrogenik,

meningkatkan respons insulin, dan mengurangi kontraksi pembuluh darah.



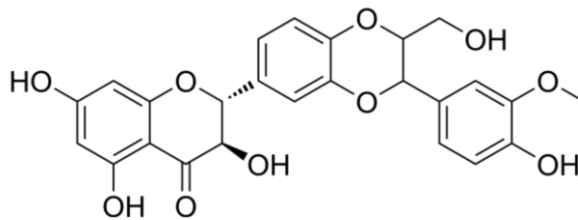
Gambar 3. 13. Glyceollin

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa mengonsumsi protein kedelai dapat menyebabkan penurunan kadar kolesterol, trigliserida, dan LDL pada individu dengan hiperlipidemia dan mereka yang menjalani dialisis peritoneal. Selain itu, beberapa meta-analisis menemukan bahwa asupan protein kedelai dapat menurunkan kadar kolesterol dan LDL dalam darah sekaligus meningkatkan rasio LDL/HDL pada pasien hiperlipidemia (Yeung and Yu, 2003; Barańska *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2021; Mohammadpour *et al.*, 2023).

3.4.2 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam *Silybum marianum*

Silybum marianum termasuk dalam famili Asteraceae, dimana tanaman ini termasuk yang paling banyak diteliti karena perannya dalam pengobatan. Penelitian telah menunjukkan bahwa *S. marianum* memiliki berbagai khasiat yang bermanfaat, termasuk antioksidan, antiradang,

imunomodulator, penurun lipid, antiobesitas, antihipertensi, antidiabetik, antikanker, antiparkinson, pelindung kulit, kardioprotektif, renoprotektif, neuroprotektif, dan hepatoprotektif. Silymarin, yang diekstrak dari buah dan biji *S. marianum*, merupakan kombinasi flavonolignan yang meliputi silibinin (silybin), isosilybin, silychistin, dan silydianin. Selain itu, terdapat komponen minor flavonol lain seperti dehidrosilibin, quercetin, taksifolin, dan kaempferol, bersama dengan fosfolipid yang mengandung asam linoleat, oleat, dan palmitat, serta tokoferol. Silibin dianggap sebagai senyawa aktif paling signifikan yang ditemukan dalam silymarin.

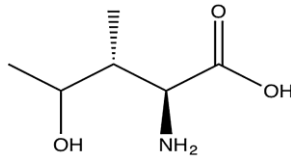


Gambar 3. 14. Silybin

Senyawa ini dapat mengurangi sintesis kolesterol baru dengan menghambat reduktase HMG-CoA, yang berfungsi sebagai enzim utama dalam produksi kolesterol. Lebih jauh lagi, silymarin dapat menghambat penyerapan kolesterol dalam usus. Selain itu, senyawa ini menurunkan produksi trigliserida dan meningkatkan oksidasi- β asam lemak dalam hati (Abenavoli *et al.*, 2018; Gillessen and Schmidt, 2020; Wang, Zhang and Wu, 2020; MacDonald-Ramos *et al.*, 2021).

3.4.3 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam *Trigonella foenum-graecum* L (Fenugreek)

Kandungan biji fenugreek meliputi flavonoid (orientin, isoorientin, vitexin, epigenin, dan quercetin), alkaloid (trigonelin, gentanin, dan karpain kolin), polifenol, kumarin (asam sinamat dan skopoletin), vitamin (C, A, D, dan B1), niasin, zat besi, fosfat, kalsium, kalium, asam amino (4-hidroksiisoleusin, lisin, arginin, dan L-triptofan), serat makanan larut, gom dan saponin (diosgenin, yamogenin, tigogenin, gitogenin, sarsapogenin, yuccagenin, dan smilagenin). Trigonelin merupakan alkaloid utama dari fenugreek dan memiliki aktivitas hipoglikemik, hipolipidemik, neuroprotektif, antimigrain, sedatif, peningkat daya ingat, antibakteri, antivirus, dan antitumor, dan telah terbukti mengurangi neuropati pendengaran diabetik dan agregasi trombosit. Polifenol dan germakrenad merupakan komponen paling melimpah dalam fenugreek yang dapat memperbaiki hiperlipidemia dan sistem kardiovaskular. 4-Hidroksiisoleusin telah terbukti mengurangi kadar trigliserida plasma dan kolesterol total yang meningkat. Lebih jauh lagi, 4-hidroksiisoleusin yang diberikan secara oral (50 mg/kg/hari) selama 4 minggu tidak hanya menurunkan kadar glukosa darah tetapi juga secara signifikan menurunkan kadar lipid (kolesterol total, trigliserida, dan LDL) yang meningkat pada tikus (Annida and Stanely Mainzen Prince, 2004; Narender *et al.*, 2006; Zhou, Chan and Zhou, 2012; Yadav and Baquer, 2014; Nagulapalli Venkata *et al.*, 2017; Geberemeskel, Debebe and Nguse, 2019; Heshmat-Ghahdarijani *et al.*, 2020; Mohammad-Sadeghipour *et al.*, 2020; Visuvanathan *et al.*, 2022).

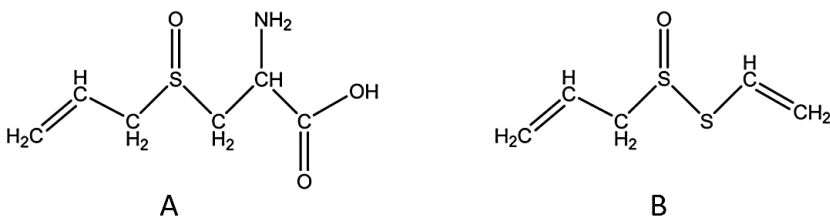


Gambar 3. 15. 4-Hidroksiisoleusin

3.4.4 Senyawa Bioaktif Antihiperlipidemia dalam Bawang Putih (*Allium sativum*)

Bawang putih terdiri dari 65% air, 28% karbohidrat, 2,3% senyawa organosulfur, 2% protein, 1,2% asam amino bebas, dan 1,5% serat. Bawang putih juga mengandung vitamin yang larut dalam lemak (K, E, D, A), vitamin yang larut dalam air (C, B1, B2, B3, B6, dan B8), dan mineral (Fe, Mg, Ca, P, K, Na, dan Zn). Selain itu, bawang putih kaya akan berbagai senyawa yang mengandung sulfur seperti alliin, allicin, ajoenes, vinylthiols, diallyl polysulfides, dan S-allyl cysteine, bersama dengan enzim, saponin, flavonoid. Selain itu, efek bawang putih dalam menurunkan lipid darah dan gula darah pada individu dengan diabetes tipe 2 dan penyakit hati berlemak non-alkohol menunjukkan penurunan yang signifikan dalam kolesterol total, trigliserida, dan LDL, bersamaan dengan peningkatan HDL. Pemberian ekstrak bawang putih cair secara oral dalam kasus perubahan kadar lipid serum yang disebabkan oleh logam berat mengakibatkan penurunan yang signifikan pada kadar LDL, VLDL, dan trigliserida serum, sementara juga meningkatkan kadar HDL serum. Tablet bawang putih yang diberikan kepada pasien diabetes tipe 2 selama 12 minggu dengan dosis 300 mg/kg berat badan, memperlihatkan

penurunan yang signifikan pada kolesterol total dan LDL disertai peningkatan kadar HDL. Dalam beberapa uji coba, pasien hiperlipidemia mengonsumsi tablet bawang putih dalam berbagai dosis harian selama 24 minggu, dengan temuan yang menunjukkan penurunan yang signifikan pada glukosa darah puasa, HbA1c, kolesterol serum, trigliserida, dan kadar LDL, bersama dengan peningkatan HDL. Selain itu, bawang putih secara signifikan meningkatkan superoksida dismutase, katalase, dan glutathione peroksidase dalam eritrosit pasien diabetes (Wang *et al.*, 2017; Choudhary, Jani and Sharma, 2018; Sun, Wang and Qin, 2018; Shabani, Sayemiri and Mohammadpour, 2019; Melguizo-Rodríguez *et al.*, 2022; Mohammadpour *et al.*, 2023).



Gambar 3. 16. Alliin (A) dan Allicin (B)

DAFTAR PUSTAKA

- Abenavoli, L. *et al.* (2018) 'Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases.', *Phytotherapy research: PTR*, 32(11), pp. 2202–2213. doi: 10.1002/ptr.6171.
- Annida, B. and Stanely Mainzen Prince, P. (2004) 'Supplementation of fenugreek leaves lower lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats.', *Journal of medicinal food*, 7(2), pp. 153–156. doi: 10.1089/1096620041224201.
- Barańska, A. *et al.* (2021) 'Effects of Soy Protein Containing of Isoflavones and Isoflavones Extract on Plasma Lipid Profile in Postmenopausal Women as a Potential Prevention Factor in Cardiovascular Diseases: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.', *Nutrients*, 13(8). doi: 10.3390/nu13082531.
- Bezalwar, P.M. (2015) "Assessment of Potential Duo Out of *Syzigium aromaticum* L., *Zingiber officinale* and *Ocimum basilicum* L. Leaves Extract for Extermination of Clinical Pathogens," *Journal of Plant Pathology & Microbiology*. OMICS Publishing Group. doi:10.4172/2157-7471.1000265.
- Chen, X. *et al.* (2015) 'The anti-inflammatory activities of *Ainsliaea fragrans* Champ. extract and its components in lipopolysaccharide-stimulated RAW264.7 macrophages through inhibition of NF- κ B pathway.', *Journal of ethnopharmacology*, 170, pp. 72–80. doi: 10.1016/j.jep.2015.05.004.

- Choudhary, P. R., Jani, R. D. and Sharma, M. S. (2018) 'Effect of Raw Crushed Garlic (*Allium sativum* L.) on Components of Metabolic Syndrome.', *Journal of dietary supplements*, 15(4), pp. 499–506. doi: 10.1080/19390211.2017.1358233.
- Dai, S. *et al.* (2022) 'Aqueous extract of *Taxus chinensis* var. *mairei* targeting CD47 enhanced antitumor effects in non-small cell lung cancer.', *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 154, p. 113628. doi: 10.1016/j.biopha.2022.113628.
- Das, S. (2002) 'Garlic - A Natural Source of Cancer Preventive Compounds.', *Asian Pacific journal of cancer prevention : APJCP*, 3(4), pp. 305–311.
- Geberemeskel, G. A., Debebe, Y. G. and Nguse, N. A. (2019) 'Antidiabetic Effect of Fenugreek Seed Powder Solution (*Trigonella foenum-graecum* L.) on Hyperlipidemia in Diabetic Patients.', *Journal of diabetes research*, 2019, p. 8507453. doi: 10.1155/2019/8507453.
- Gillessen, A. and Schmidt, H. H.-J. (2020) 'Silymarin as Supportive Treatment in Liver Diseases: A Narrative Review.', *Advances in therapy*, 37(4), pp. 1279–1301. doi: 10.1007/s12325-020-01251-y.
- Heshmat-Ghahdarijani, K. *et al.* (2020) 'Effect of fenugreek consumption on serum lipid profile: A systematic review and meta-analysis.', *Phytotherapy research : PTR*, 34(9), pp. 2230–2245. doi: 10.1002/ptr.6690.
- Hikisz, P. and Bernasińska, J. (2021) "Beneficial Properties of Bromelain," *Nutrients*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, p. 4313. doi:10.3390/nu13124313.

- Hou, X. L. *et al.* (2015) 'Suppression of Inflammatory Responses by Dihydromyricetin, a Flavonoid from *Ampelopsis grossedentata*, via Inhibiting the Activation of NF- κ B and MAPK Signaling Pathways.', *Journal of natural products*, 78(7), pp. 1689–1696. doi: 10.1021/acs.jnatprod.5b00275.
- Hsiang, Y. H. *et al.* (1985) 'Camptothecin induces protein-linked DNA breaks via mammalian DNA topoisomerase I.', *The Journal of biological chemistry*, 260(27), pp. 14873–14878.
- Hussain, Md.S. *et al.* (2012) "Current approaches toward production of secondary plant metabolites," *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences*. Medknow, p. 10. doi:10.4103/0975-7406.92725.
- Imbert, T. F. (1998) 'Discovery of podophyllotoxins.', *Biochimie*, 80(3), pp. 207–222. doi: 10.1016/s0300-9084(98)80004-7.
- Imtiyaz, S. *et al.* (2013) 'Zingiber officinale Rosc .: A traditional herb with medicinal properties Zingiber officinale Rosc .: A traditional herb with medicinal properties', *TANG (Humanitas Medicine)*, 3(4), pp. 1–7. doi: 10.5667/tang.2013.0009.
- Johari, S. Mp. P., Joshi, C. P. and Gandhi, T. Mp. P. (2016) 'Effect of *Cyperus Rotundus* on Cytokine Gene Expression in Experimental Inflammatory Bowel Disease.', *Iranian journal of medical sciences*, 41(5), pp. 391–398.
- Jordan, M. A., Thrower, D. and Wilson, L. (1991) 'Mechanism of inhibition of cell proliferation by *Vinca* alkaloids.', *Cancer research*, 51(8), pp. 2212–2222.

- Jordan, M. A. and Wilson, L. (2004) 'Microtubules as a target for anticancer drugs.', *Nature reviews. Cancer*, 4(4), pp. 253–265. doi: 10.1038/nrc1317.
- Kumar, A. *et al.* (2021) 'Phytic acid: Blessing in disguise, a prime compound required for both plant and human nutrition.', *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 142, p. 110193. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110193.
- Kumar, S., Malhotra, R. and Kumar, D. (2010) 'Euphorbia hirta: Its chemistry, traditional and medicinal uses, and pharmacological activities.', *Pharmacognosy reviews*, 4(7), pp. 58–61. doi: 10.4103/0973-7847.65327.
- Kumari, K. and Augusti, K. T. (2002) 'Antidiabetic and antioxidant effects of S-methyl cysteine sulfoxide isolated from onions (*Allium cepa* Linn) as compared to standard drugs in alloxan diabetic rats.', *Indian journal of experimental biology*, 40(9), pp. 1005–1009.
- Lazalde-Cruz, R. *et al.* (2021) 'Potential effects of delphinidin-3-O-sambubioside and cyanidin-3-O-sambubioside of hibiscus sabdariffa l. On ruminant meat and milk quality', *Animals*, 11(10). doi: 10.3390/ani11102827.
- Li, Y. *et al.* (2012) 'Gingerols of *Zingiber officinale* enhance glucose uptake by increasing cell surface GLUT4 in cultured L6 myotubes.', *Planta medica*, 78(14), pp. 1549–1555. doi: 10.1055/s-0032-1315041.
- Liu, Y., Liu, J. and Zhang, Y. (2019) 'Research Progress on Chemical Constituents of *Zingiber officinale* Roscoe.', *BioMed research international*, 2019, p. 5370823. doi: 10.1155/2019/5370823.

- MacDonald-Ramos, K. *et al.* (2021) 'Silymarin is an ally against insulin resistance: A review.', *Annals of hepatology*, 23, p. 100255. doi: 10.1016/j.aohp.2020.08.072.
- Melguizo-Rodríguez, L. *et al.* (2022) 'Biological properties and therapeutic applications of garlic and its components.', *Food & function*, 13(5), pp. 2415–2426. doi: 10.1039/d1fo03180e.
- Mohammad-Sadeghipour, M. *et al.* (2020) 'The Effects of Hydro-Alcoholic Extract of Fenugreek Seeds on the Lipid Profile and Oxidative Stress in Fructose-Fed Rats.', *Journal of obesity & metabolic syndrome*, 29(3), pp. 198–207. doi: 10.7570/jomes19051.
- Mohammadpour, D. *et al.* (2023) 'Medicinal plants and their bioactive compounds in the control of hyperlipidemia : A comprehensive review', 10, pp. 1–14. doi: 10.15761/IFNM.1000309.
- Nagulapalli Venkata, K. C. *et al.* (2017) 'A small plant with big benefits: Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) for disease prevention and health promotion.', *Molecular nutrition & food research*, 61(6). doi: 10.1002/mnfr.201600950.
- Naik, R. G. *et al.* (1988) 'An antiinflammatory cum immunomodulatory piperidinybenzopyranone from *dysoxylum binectariferum*: isolation, structure and total synthesis', *Tetrahedron*, 44(7), pp. 2081–2086. doi: [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(01\)90352-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)90352-7).
- Narender, T. *et al.* (2006) '4-hydroxyisoleucine an unusual amino acid as antidyslipidemic and antihyperglycemic agent.', *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 16(2), pp. 293–296. doi: 10.1016/j.bmcl.2005.10.003.

- Oberlies, N. H. and Kroll, D. J. (2004) 'Camptothecin and taxol: historic achievements in natural products research.', *Journal of natural products*, 67(2), pp. 129–135. doi: 10.1021/np030498t.
- Oboh, G. *et al.* (2010) 'Inhibitory effects of aqueous extracts of two varieties of ginger on some key enzymes linked to type-2 diabetes in vitro .', *Journal of Food and Nutrition*, 49(March), pp. 14–20.
- Pieme, C.A. *et al.* (2014) "Antiproliferative activity and induction of apoptosis by *Annona muricata* (Annonaceae) extract on human cancer cells," *BMC Complementary and Alternative Medicine*. BioMed Central. doi:10.1186/1472-6882-14-516.
- Qi, S. *et al.* (2012) 'Ampelopsin reduces endotoxic inflammation via repressing ROS-mediated activation of PI3K/Akt/NF- κ B signaling pathways.', *International immunopharmacology*, 12(1), pp. 278–287. doi: 10.1016/j.intimp.2011.12.001.
- Shabani, E., Sayemiri, K. and Mohammadpour, M. (2019) 'The effect of garlic on lipid profile and glucose parameters in diabetic patients: A systematic review and meta-analysis.', *Primary care diabetes*, 13(1), pp. 28–42. doi: 10.1016/j.pcd.2018.07.007.
- Sogo, T. *et al.* (2015) 'Anti-inflammatory activity and molecular mechanism of delphinidin 3-sambubioside, a Hibiscus anthocyanin.', *BioFactors (Oxford, England)*, 41(1), pp. 58–65. doi: 10.1002/biof.1201.
- Srisook, K. *et al.* (2015) 'Bioassay-guided isolation and mechanistic action of anti-inflammatory agents from *Clerodendrum inerme* leaves.', *Journal of ethnopharmacology*, 165, pp. 94–102. doi: 10.1016/j.jep.2015.02.043.

- Sun, Y.-E., Wang, W. and Qin, J. (2018) 'Anti-hyperlipidemia of garlic by reducing the level of total cholesterol and low-density lipoprotein: A meta-analysis.', *Medicine*, 97(18), p. e0255. doi: 10.1097/MD.00000000000010255.
- Tran, N., Pham, B. and Le, L. (2020) 'Bioactive Compounds in Anti-Diabetic Plants :From Herbal Medicine to Modern Drug Discovery', *Biology*, 9(252), pp. 1–31. doi: 10.3390/biology9090252.
- Visuvanathan, T. *et al.* (2022) 'Revisiting *Trigonella foenum-graecum* L.: Pharmacology and Therapeutic Potentialities.', *Plants (Basel, Switzerland)*, 11(11). doi: 10.3390/plants11111450.
- Wang, J. *et al.* (2017) 'Effect of garlic supplement in the management of type 2 diabetes mellitus (T2DM): a meta-analysis of randomized controlled trials.', *Food & nutrition research*, 61(1), p. 1377571. doi: 10.1080/16546628.2017.1377571.
- Wang, X., Zhang, Z. and Wu, S.-C. (2020) 'Health Benefits of *Silybum marianum*: Phytochemistry, Pharmacology, and Applications.', *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(42), pp. 11644–11664. doi: 10.1021/acs.jafc.0c04791.
- Widharna, R. *et al.* (2010) 'Anti Diabetes Mellitus Activity in vivo of Ethanolic Extract and Ethyl Acetate Fraction of *Euphorbia hirta* L. Herb', *International Journal of Pharmacology*, 6(3), pp. 231–240.
- Yadav, U. C. S. and Baquer, N. Z. (2014) 'Pharmacological effects of *Trigonella foenum-graecum* L. in health and disease.', *Pharmaceutical biology*, 52(2), pp. 243–254. doi: 10.3109/13880209.2013.826247.

- Yeung, J. and Yu, T. (2003) 'Effects of isoflavones (soy phytoestrogens) on serum lipids: a meta-analysis of randomized controlled trials.', *Nutrition journal*, 2, p. 15. doi: 10.1186/1475-2891-2-15.
- Zhou, J., Chan, L. and Zhou, S. (2012) 'Trigonelline: a plant alkaloid with therapeutic potential for diabetes and central nervous system disease.', *Current medicinal chemistry*, 19(21), pp. 3523–3531. doi: 10.2174/092986712801323171.

BAB 4

PENGOLAHAN DAN FORMULASI OBAT HERBAL

Oleh Erlina Fatmasari

4.1 Pendahuluan

Sejarah penggunaan tanaman obat sudah ada sejak zaman Paleolitik dan telah digunakan di berbagai budaya seperti Mesir, Yunani, India, Cina dan Indonesia. Berdasarkan laporan dari sekitar 170 negara dalam *Global WHO* (2019), sistem pengobatan tradisional oleh penduduk mereka meliputi akupunktur, pengobatan herbal, pengobatan tradisional asli, homeopati, pengobatan tradisional Tiongkok, naturopati, kiropraktik, osteopati, ayurveda dan unani.

Penggunaan obat herbal telah menjadi alternatif dalam dunia kesehatan, sekitar 40% produk farmasi saat ini diperoleh dari pemanfaatan alam serta pengetahuan tradisional, sehingga para ilmuwan memperoleh penemuan luar biasa dari pengembangan pengetahuan tradisional ini seperti aspirin, artemisin dan pengobatan kanker anak (WHO, 2023). Keberadaan tanaman obat sebagai obat telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, tertulis di daun lontar dan di buku-buku. Pengetahuan tersebut diwariskan secara turun-temurun dari generasi ke generasi hingga akhirnya

menyebarkan ke masyarakat. Penggunaan obat herbal ini oleh masyarakat biasanya digunakan untuk mengobati penyakit yang ringan hingga sedang (Sudradjat, 2016).

Peran obat herbal dalam sistem pengobatan modern, obat herbal semakin diintegrasikan dalam sistem kesehatan modern sebagai terapi komplementer dan alternatif. Banyak penelitian telah membuktikan efektivitas dan keamanan dari beberapa obat herbal dalam mengatasi berbagai penyakit kronis meliputi: diabetes, hipertensi hingga penyakit peradangan. Pengembangan fitofarmaka memungkinkan obat herbal memiliki standar yang lebih tinggi dan dapat diresepkan secara medis. WHO mendukung pemanfaatan obat herbal dalam sistem layanan kesehatan dengan standar keamanan, efektivitas, dan kualitas yang terjamin (WHO, 2018).

4.2 Teknik Pengolahan Obat Herbal

4.2.1 Metode Ekstraksi Bahan Aktif

Ekstraksi adalah proses pemisahan senyawa aktif dari bahan alam menggunakan pelarut yang sesuai. Berbagai metode ekstraksi telah dikembangkan, baik konvensional maupun modern, untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Berikut adalah beberapa metode ekstraksi yang umum digunakan:

1. Metode Ekstraksi Konvensional

- Maserasi: Teknik perendaman simplisia atau bubuk kasar dalam pelarut pada suhu kamar selama periode tertentu dengan sesekali pengadukan. Setelah

perendaman, campuran disaring untuk memisahkan ekstrak cair dari residu padat. Meskipun sederhana, maserasi memerlukan waktu yang relatif lama dan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan metode lainnya (Atun, 2014).

- **Perkolasi:** Proses ekstraksi kontinu di mana pelarut segar dialirkan melalui bahan tumbuhan yang ditempatkan dalam perkolator. Pelarut mengalir secara gravitasi, mengekstraksi senyawa aktif saat melewati bahan. Metode ini lebih efisien daripada maserasi karena pelarut yang digunakan selalu segar dan tidak jenuh (Atun, 2014).
- **Refluks:** Metode ekstraksi dengan memanaskan pelarut hingga mendidih sehingga uapnya mengembun dan kembali ke wadah ekstraksi. Proses ini memungkinkan ekstraksi berlangsung tanpa kehilangan pelarut, dengan waktu yang lebih singkat dan penggunaan pelarut yang lebih efisien (Atun, 2014).
- **Soxhletasi:** Teknik ekstraksi yang menggabungkan perkolasi dan refluks. Bahan ditempatkan dalam alat Soxhlet, dan pelarut dipanaskan hingga menguap, kemudian mengembun dan menetes melalui bahan secara kontinu. Metode ini efisien dalam mengekstraksi senyawa aktif dengan jumlah pelarut yang relatif sedikit, namun memerlukan waktu lebih lama dan potensi degradasi senyawa akibat paparan suhu tinggi (Atun, 2014).

2. Metode Ekstraksi Modern

- **Ekstraksi Ultrasonik (Ultrasound-Assisted Extraction, UAE):** Metode yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk menciptakan kavitasi, meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam matriks bahan, dan mempercepat pelepasan senyawa bioaktif. Keuntungan

UAE meliputi waktu ekstraksi yang lebih singkat dan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional (Firdiyansayah, 2024).

- Ekstraksi Gelombang Mikro (Microwave-Assisted Extraction, MAE): Metode yang memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan pelarut dan bahan secara cepat dan merata, meningkatkan efisiensi ekstraksi. MAE dapat mengurangi waktu ekstraksi dan penggunaan pelarut dibandingkan metode konvensional (Firdiyansayah, 2024).
- Ekstraksi Fluida Superkritis (Supercritical Fluid Extraction, SFE): Metode yang menggunakan fluida pada kondisi superkritis sebagai pelarut untuk mengekstraksi senyawa bioaktif. Karbon dioksida (CO_2) sering digunakan karena tidak beracun dan memiliki suhu kritis yang relatif rendah. SFE menawarkan ekstraksi yang bersih dan selektif, menghasilkan ekstrak dengan kemurnian tinggi dan minim residu pelarut (Firdiyansayah, 2024).

Pemilihan metode ekstraksi yang tepat sangat bergantung pada sifat senyawa target, jenis bahan alam, serta pertimbangan efisiensi, kualitas ekstrak yang diinginkan, karakteristik bahan baku, serta tujuan dan skala produksi, untuk memastikan efisiensi dan kualitas ekstrak yang optimal. Faktor utama yang mempengaruhi pemilihan metode ekstraksi yaitu:

1. Berdasarkan Polaritas Senyawa Aktif, prinsip "like dissolves like" menyatakan bahwa pelarut polar akan melarutkan senyawa polar, sedangkan pelarut non-polar akan melarutkan senyawa non-polar. Oleh karena itu, pemilihan pelarut harus disesuaikan dengan polaritas senyawa yang akan diekstraksi. Sebagai contoh, senyawa

fenolik yang bersifat polar cenderung diekstraksi lebih efektif menggunakan pelarut polar (Yulianti, 2020).

2. Berdasarkan Stabilitas Termal Senyawa Aktif,

- Senyawa Termolabil (Tidak Tahan Panas): Untuk senyawa yang mudah terdegradasi pada suhu tinggi, metode ekstraksi tanpa pemanasan, seperti maserasi, lebih disarankan. Maserasi melibatkan perendaman bahan dalam pelarut pada suhu kamar, sehingga mencegah kerusakan senyawa sensitif terhadap panas (Nurfahmi, *et al.*, 2024).
- Senyawa Termostabil (Tahan Panas): Jika senyawa target stabil pada suhu tinggi, metode ekstraksi dengan pemanasan, seperti refluks atau soxhletasi, dapat digunakan. Pemanasan dapat meningkatkan kelarutan senyawa aktif dan mempercepat proses ekstraksi (Nurfahmi, *et al.*, 2024)

3. Berdasarkan Ukuran Molekul dan Kompleksitas Matriks, senyawa dengan ukuran molekul besar atau yang terikat kuat dalam matriks kompleks mungkin memerlukan metode ekstraksi yang lebih intensif, seperti soxhletasi atau ekstraksi ultrasonik, untuk memutus interaksi dan melepaskan senyawa aktif.

4. Berdasarkan Tujuan dan Skala Ekstraksi, untuk tujuan penelitian atau produksi skala kecil, metode sederhana seperti maserasi mungkin memadai. Namun, untuk produksi skala besar atau ketika efisiensi tinggi diperlukan, metode yang lebih canggih dan efisien, seperti ekstraksi fluida superkritis, dapat dipertimbangkan.

4.2.2 Pengeringan dan Penyimpanan Bahan Herbal

Pengeringan adalah proses menghilangkan air atau pelarut lain dari suatu bahan untuk meningkatkan stabilitas, memperpanjang umur simpan, atau mempersiapkan bahan untuk proses selanjutnya. Berbagai teknik pengeringan digunakan tergantung pada sifat bahan dan tujuan akhir. Berikut adalah beberapa teknik pengeringan yang umum digunakan:

1. Pengeringan dengan Oven (*Oven Drying*)

Metode ini menggunakan udara panas yang disirkulasikan dalam oven untuk menguapkan air dari bahan. Suhu dan waktu pengeringan dapat disesuaikan tergantung pada sifat bahan dan kadar air yang diinginkan. Pengeringan oven cocok untuk bahan yang tahan panas dan tidak mengalami degradasi nutrisi atau perubahan sifat fisik pada suhu pengeringan tertentu. Namun, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada beberapa komponen sensitif. (Wahyuni *et al.*, 2014).

2. Pengeringan dengan Sinar Matahari (*Sun Drying*)

Metode tradisional ini memanfaatkan sinar matahari langsung untuk mengeringkan bahan, biasanya dengan menyebarkannya di atas permukaan datar. Meskipun ekonomis dan ramah lingkungan, pengeringan matahari sangat tergantung pada kondisi cuaca dan memerlukan waktu yang lebih lama. Selain itu, risiko kontaminasi oleh debu, serangga, atau mikroorganisme lebih tinggi dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya. Penelitian menunjukkan bahwa metode

pengeringan dengan sinar matahari langsung dapat mempengaruhi kualitas herbal sambiloto, dengan nilai susut pengeringan dan kadar abu total yang berbeda dibandingkan metode lainnya (Wahyuni *et al.*, 2014).

3. Pengeringan Beku (*Freeze-Drying* atau *Lyophilization*)

Pengeringan beku melibatkan pembekuan bahan terlebih dahulu, kemudian mengurangi tekanan dan menambahkan panas untuk menyublimasikan es langsung menjadi uap tanpa melewati fase cair. Metode ini efektif dalam mempertahankan struktur, rasa, dan kandungan nutrisi bahan, menjadikannya ideal untuk produk makanan berkualitas tinggi dan bahan farmasi. Namun, pengeringan beku memerlukan peralatan khusus dan biaya operasi yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya (Lestari, 2019).

4. Pengeringan Semprot (*Spray Drying*)

Pengeringan semprot melibatkan atomisasi larutan atau suspensi menjadi tetesan kecil yang kemudian dikontakkan dengan udara panas dalam ruang pengering. Tetesan tersebut dengan cepat kehilangan kelembaban dan membentuk partikel kering yang dikumpulkan sebagai bubuk. Metode ini cocok untuk bahan cair atau pasta dan sering digunakan dalam industri makanan dan farmasi untuk menghasilkan produk bubuk dengan sifat alir yang baik. Keuntungan utama pengeringan semprot adalah kemampuannya mengubah larutan menjadi bubuk kering dalam satu langkah yang cepat. Penelitian menunjukkan bahwa pengeringan semprot dapat menghasilkan produk dengan kualitas fisik yang baik,

seperti kapasitas menahan air dan warna, menjadikannya metode yang efektif untuk pengeringan bahan berbentuk cair (Lestari, 2019).

Pemilihan teknik pengeringan yang tepat harus mempertimbangkan sifat bahan, sensitivitas terhadap panas, biaya, dan kualitas produk akhir yang diinginkan. Penyimpanan yang tepat untuk mempertahankan stabilitas bahan aktif farmasi (*Active Pharmaceutical Ingredients*, API) dan memastikan efektivitas serta keamanan produk obat. Berikut adalah beberapa faktor kunci yang mempengaruhi stabilitas API selama penyimpanan, berdasarkan temuan dari berbagai jurnal ilmiah:

- 1. Suhu Penyimpanan,** Suhu tinggi dapat mempercepat degradasi kimia API, yang berdampak negatif pada stabilitas obat. Misalnya, suhu penyimpanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pemisahan sistem emulsi dan sedimentasi bahan aktif dalam sediaan suspensi atau semisolid (Karlida & Mufiroh, 2017). Penelitian lain menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan, semakin rendah stabilitas obat, yang ditunjukkan oleh penurunan kadar API di luar rentang yang diterima (Waney *et al.*, 2012).
- 2. Kelembaban,** Kelembaban dapat mempengaruhi stabilitas API, terutama yang bersifat higroskopis. Penyerapan kelembaban dapat menyebabkan degradasi kimia atau perubahan fisik yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, penting untuk menyimpan API dalam kondisi kelembaban yang terkontrol (Najla, 2025).

3. Paparan Cahaya, beberapa API sensitif terhadap cahaya dan dapat mengalami fotodegradasi. Untuk mencegah hal ini, API harus disimpan dalam wadah buram atau di tempat yang terlindung dari cahaya langsung (Rismana, *et al.*, 2013).

4. Wadah Penyimpanan

Pemilihan wadah yang sesuai dapat mencegah interaksi antara API dan bahan kemasan, serta melindungi dari faktor lingkungan seperti oksigen dan kelembaban. Wadah yang kedap udara dan kelembaban sangat disarankan untuk API yang sensitive (Rismana, *et al.*, 2013).

5. Stabilitas Fisik dan Kimia

Selama penyimpanan, API harus mempertahankan stabilitas fisik (seperti bentuk, warna, dan konsistensi) dan kimia (tidak mengalami degradasi). Misalnya, sediaan luka bakar yang dibuat dengan bahan aktif kitosan menunjukkan stabilitas fisik, kimia, dan biologi yang baik selama penyimpanan 24 minggu pada suhu ruang dan 12 minggu pada suhu 40°C/75% RH (Rismana, *et al.*, 2013).

6. Pengendalian Suhu dalam Rantai Distribusi

Selama distribusi, penting untuk menjaga suhu penyimpanan yang sesuai untuk mencegah degradasi API. Suhu penyimpanan yang tidak tepat dapat menyebabkan ketidakstabilan kimia dan fisik, yang mempengaruhi kualitas produk farmasi (Karlida & Mufiroh, 2017).

4.2.3 Pengolahan Menjadi Sediaan Obat

Obat herbal tersedia dalam berbagai bentuk sediaan, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut adalah beberapa bentuk sediaan herbal yang umum:

1. Simplisia (Rajangan), Simplisia adalah bahan alamiah yang digunakan sebagai obat tanpa mengalami pengolahan lebih lanjut, kecuali pengeringan atau pemotongan.

- *Keuntungan*: Proses pengolahan minimal sehingga kemungkinan kehilangan komponen aktif rendah; biaya produksi relatif murah.
- *Kekurangan*: Volume penyimpanan besar; umur simpan terbatas; dosis kurang akurat.

2. Serbuk, bentuk sediaan di mana simplisia kering digiling menjadi serbuk halus.

- *Keuntungan*: Memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan simplisia segar; mudah dicampur dengan bahan lain; dosis lebih mudah diatur.
- *Kekurangan*: Rasa yang mungkin tidak enak; risiko kontaminasi silang saat penggilingan; penyerapan komponen aktif mungkin kurang optimal.

3. Ekstrak Cair, diperoleh dengan mengekstraksi komponen aktif dari tanaman menggunakan pelarut seperti air, alkohol, atau campurannya.

- *Keuntungan*: Penyerapan cepat; mudah disesuaikan dosisnya; cocok untuk individu yang kesulitan menelan tablet atau kapsul.
- *Kekurangan*: Umur simpan terbatas; perlu bahan pengawet untuk mencegah pertumbuhan mikroba; rasa yang mungkin tidak enak.

4. **Tablet**, bentuk sediaan padat yang dibuat dengan memadatkan serbuk atau granul ekstrak herbal.
 - *Keuntungan*: Dosis akurat; umur simpan panjang; mudah dibawa dan dikonsumsi.
 - *Kekurangan*: Proses pembuatan kompleks; kemungkinan adanya bahan tambahan yang tidak diinginkan; penyerapan bahan aktif mungkin lebih lambat dibandingkan bentuk cair.
5. **Kapsul**, bentuk sediaan di mana serbuk atau ekstrak herbal dimasukkan ke dalam cangkang kapsul yang terbuat dari gelatin atau bahan nabati.
 - *Keuntungan*: Menutupi rasa dan bau yang tidak enak; dosis akurat; melindungi bahan aktif dari lingkungan eksternal.
 - *Kekurangan*: Biaya produksi lebih tinggi dibandingkan tablet; tidak cocok untuk individu dengan alergi gelatin (jika menggunakan kapsul gelatin).
6. **Salep (*Ointment*)**, sediaan semi-padat yang mengandung ekstrak herbal untuk aplikasi topikal pada kulit.
 - *Keuntungan*: Memberikan efek lokal langsung pada area yang diobati; mengurangi risiko efek samping sistemik; melembabkan dan melindungi kulit.
 - *Kekurangan*: Dapat meninggalkan rasa lengket atau berminyak; kemungkinan menyebabkan iritasi kulit pada beberapa individu.
7. **Krim dan Gel**, sediaan semi-padat dengan basis emulsi (krim) atau basis air (gel) yang mengandung ekstrak herbal untuk aplikasi topikal.

- *Keuntungan*: Cepat diserap oleh kulit; tidak terlalu berminyak; cocok untuk area kulit yang luas.
- *Kekurangan*: Stabilitas bahan aktif mungkin terbatas; perlu bahan pengawet untuk mencegah kontaminasi mikroba.

Pemilihan bentuk sediaan herbal yang tepat harus mempertimbangkan faktor seperti jenis bahan aktif, tujuan pengobatan, preferensi pasien, dan stabilitas produk. Setiap bentuk sediaan memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dievaluasi untuk memastikan efektivitas dan keamanan penggunaan.

4.2.4 Teknologi Modern dalam Pengolahan Herbal

Penggunaan nanopartikel dalam obat herbal merupakan inovasi yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan terapi herbal. Nanoteknologi memungkinkan pengolahan bahan aktif herbal menjadi partikel berukuran nano (10–1000 nm), yang dapat mengatasi berbagai kendala dalam penggunaan obat herbal tradisional.

Keuntungan Penggunaan Nanopartikel dalam Obat Herbal:

1. **Peningkatan Bioavailabilitas**: Ukuran partikel yang lebih kecil meningkatkan luas permukaan, sehingga mempercepat disolusi dan absorpsi zat aktif dalam tubuh. Hal ini dapat meningkatkan bioavailabilitas senyawa herbal yang sebelumnya memiliki kelarutan atau absorpsi rendah (Pradana *et al.*, 2023).
2. **Pengendalian Pelepasan Zat Aktif**: Nanopartikel dapat dirancang untuk melepaskan zat aktif secara

terkontrol, sehingga menjaga konsentrasi terapeutik dalam darah dan mengurangi frekuensi pemberian dosis (Hanutami & Budiman, 2017).

3. Penargetan Spesifik: Dengan modifikasi permukaan, nanopartikel dapat diarahkan ke organ atau jaringan tertentu, meningkatkan efektivitas terapi dan mengurangi efek samping (Hanutami & Budiman, 2017).
4. Stabilitas yang Lebih Baik: Formulasi nanopartikel dapat melindungi zat aktif herbal dari degradasi akibat faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, dan pH, sehingga memperpanjang umur simpan produk (Ariani & Purwanto, 2021).

Contoh Aplikasi Nanopartikel dalam Obat Herbal:

- Self-Nanoemulsifying Drug Delivery System (SNEDDS): Sistem ini terdiri dari campuran minyak, surfaktan, dan kosurfaktan yang dapat membentuk nanoemulsi ketika berinteraksi dengan cairan tubuh, meningkatkan kelarutan dan absorpsi senyawa herbal lipofilik (Pradana *et al.*, 2023).
- Nanoemulsi: Teknik ini digunakan untuk meningkatkan kelarutan dan stabilitas senyawa herbal yang tidak larut dalam air, sehingga meningkatkan efektivitas terapeutiknya (Pradana *et al.*, 2023).
- Nanosuspensi: Formulasi ini cocok untuk senyawa herbal yang tidak larut baik dalam air maupun minyak, dengan menstabilkan partikel nano dalam

suspensi untuk meningkatkan disolusi dan bioavailabilitas (Pradana *et al.*, 2023).

Metode Pembuatan Nanopartikel Herbal:

- **Emulsification-Diffusion:** Metode ini melibatkan pembentukan emulsi minyak dalam air yang mengandung polimer dan zat aktif, diikuti oleh difusi pelarut untuk menghasilkan nanopartikel. Kombinasi dengan homogenizer kecepatan tinggi dapat menghasilkan partikel dengan ukuran yang diinginkan (Ardila *et al.*, 2017).
- **Gelasi Ionik:** Metode ini memanfaatkan interaksi antara polimer seperti natrium alginat dengan ion multivalen seperti kalsium untuk membentuk nanopartikel, cocok untuk zat aktif yang sensitif terhadap panas atau pelarut organik (Ariani & Purwanto, 2021).

Dengan penerapan nanoteknologi, obat herbal dapat dikembangkan menjadi sediaan yang lebih efektif, aman, dan memiliki bioavailabilitas tinggi, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas terapi herbal di masa depan.

4.4 Formulasi Obat Herbal

4.4.1. Prinsip Dasar Formulasi Obat Herbal

Kombinasi bahan aktif dalam formulasi obat herbal dapat meningkatkan efektivitas terapeutik melalui mekanisme sinergis, di mana efek gabungan dari beberapa komponen lebih besar daripada efek masing-masing komponen secara individu. Pendekatan ini sering digunakan

untuk mengoptimalkan manfaat klinis dan mengurangi efek samping. Namun harus diperhatikan beberapa pertimbangan berikut:

- **Interaksi dengan Obat Kimia, sangat penting** untuk memperhatikan potensi interaksi antara obat herbal dan obat kimia. Beberapa kombinasi dapat menyebabkan efek samping atau mengurangi efektivitas terapi. Misalnya, obat herbal yang mengandung tanin dapat mengurangi penyerapan obat-obatan tertentu yang mengandung kodein, efedrin, dan teofilin. Oleh karena itu, konsultasi dengan profesional kesehatan sebelum menggabungkan obat herbal dan kimia sangat dianjurkan (IIK, 2014).
- **Keamanan dan Efikasi, meskipun** kombinasi bahan aktif dapat meningkatkan efektivitas, penting untuk memastikan bahwa kombinasi tersebut aman dan tidak menimbulkan efek samping yang merugikan. Penelitian lebih lanjut dan uji klinis diperlukan untuk memastikan keamanan dan efikasi kombinasi tersebut (IIK, 2014).

Stabilitas dan bioavailabilitas adalah dua aspek penting dalam pengembangan obat herbal yang mempengaruhi efektivitas terapeutik dan keamanan produk.

- Stabilitas obat herbal, mengacu pada kemampuan produk untuk mempertahankan karakteristik fisik, kimia, dan mikrobiologisnya selama periode penyimpanan dan penggunaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas meliputi suhu, kelembaban, cahaya, dan interaksi dengan bahan kemasan. Penurunan stabilitas dapat menyebabkan degradasi bahan aktif, perubahan warna, bau, atau rasa, serta penurunan efektivitas terapeutik. Sebagai contoh, penelitian terhadap sirup herbal kunyit asam

menunjukkan bahwa sediaan tersebut stabil secara fisik selama dua minggu penyimpanan, ditunjukkan dengan tidak adanya perubahan organoleptik, pH, homogenitas, dan waktu tuang (Dewi & Rusita, 2017).

- Bioavailabilitas obat herbal, merujuk pada proporsi dan kecepatan zat aktif atau metabolitnya yang mencapai sirkulasi sistemik, sehingga dapat memberikan efek terapeutik. Banyak senyawa aktif dalam obat herbal memiliki bioavailabilitas rendah karena kelarutan yang buruk, stabilitas yang rendah dalam saluran pencernaan, atau metabolisme lintas pertama yang signifikan. Untuk mengatasi masalah ini, berbagai teknologi formulasi telah dikembangkan. Salah satunya adalah penggunaan nanosuspensi, yaitu sistem dispersi koloidal dengan partikel berukuran nanometer, yang dapat meningkatkan kelarutan dan disolusi senyawa aktif, sehingga meningkatkan bioavailabilitasnya (Fadlillah & Gozali, 2022).

4.4.2 Kombinasi dan Sinergi Antar Bahan Herbal

Kombinasi dan sinergi antar bahan herbal adalah pendekatan yang sering digunakan dalam pengobatan tradisional untuk meningkatkan efektivitas terapeutik. Sinergi terjadi ketika efek gabungan dari beberapa bahan herbal lebih besar daripada jumlah efek masing-masing bahan secara individu.

Sinergisme dan antagonisme dalam formulasi herbal merujuk pada interaksi antar komponen yang dapat mempengaruhi efektivitas terapeutik. Sinergisme terjadi ketika kombinasi bahan menghasilkan efek yang lebih besar daripada jumlah efek masing-masing komponen secara

individu. Sebaliknya, antagonisme terjadi ketika kombinasi bahan menghasilkan efek yang lebih lemah atau mengurangi efektivitas satu sama lain.

Contoh Sinergisme:

- Kombinasi Bahan Aktif Tanaman Obat: Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi bahan aktif dari berbagai tanaman obat dapat menghasilkan efek sinergis. Misalnya, analisis jejaring protein target menunjukkan bahwa interaksi antar bahan aktif tertentu dapat meningkatkan efektivitas terapeutik (Syahrir, *et al.* 2016).
- Kombinasi Ekstrak Herbal dan Obat Sintetik: Studi mengenai kombinasi ekstrak terpurifikasi herba sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan metformin menunjukkan potensi peningkatan efek penurunan kadar glukosa darah, yang mengindikasikan adanya efek sinergis dalam pengelolaan diabetes (Syamsul *et al.* 2011).

Contoh Antagonisme:

- Interaksi Antimikroba: Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak daun lidah buaya (*Aloe vera L.*) dan antibiotik tertentu dapat menghasilkan efek antagonis, di mana kombinasi tersebut kurang efektif dibandingkan penggunaan antibiotik saja (Aswarita, 2013).
- Interaksi Farmakokinetika: Konsumsi bersamaan antara obat herbal dan obat konvensional dapat menyebabkan interaksi yang bersifat antagonis, mengurangi efektivitas terapi. Misalnya, penggunaan obat herbal tertentu dapat mempengaruhi metabolisme obat lain, sehingga menurunkan konsentrasi obat dalam darah dan efektivitasnya.

Contoh Kombinasi Bahan Aktif dalam Obat Herbal:

1. **Kombinasi Ekstrak Mengkudu, Pepaya, dan Kunyit:** Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak mengkudu (*Morinda citrifolia*), pepaya (*Carica papaya*), dan kunyit (*Curcuma longa*) memiliki efek antibakteri sinergis terhadap bakteri *Aeromonas hydrophila*. Nilai Indeks FIC (Fractional Inhibitory Concentration) untuk kombinasi ekstrak tersebut menunjukkan interaksi sinergis, yang berarti kombinasi ini lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri dibandingkan penggunaan ekstrak Tunggal (Pratama, *et al.*, 2017).
2. **Kombinasi Daun Pepaya dan Kelopak Bunga Rosella:** Penelitian lain mengembangkan herbal cair yang menggabungkan ekstrak daun pepaya dan kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa*). Kombinasi ini diuji efektivitasnya sebagai antihipertensi pada tikus putih jantan galur Sprague-Dawley yang diinduksi dengan larutan NaCl 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi tersebut memiliki potensi sebagai agen antihipertensi (Rustiani, *et al.*, 2020).
3. **Kombinasi Daun Meniran dan Daun Kelor:** Studi mengenai efek diuretik dari kombinasi ekstrak daun meniran (*Phyllanthus niruri*) dan daun kelor (*Moringa oleifera*) pada mencit jantan menunjukkan bahwa dosis kombinasi tertentu menghasilkan volume urin yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol negatif. Ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut memiliki efek diuretik yang lebih optimal (Irawati, *et al.*, 2022).

4.4.3. Penambahan Bahan Pendukung

Dalam formulasi obat herbal, penambahan bahan pendukung seperti eksipien, pengawet, serta pemanis alami dan sintetis memiliki peran penting dalam memastikan stabilitas, efektivitas, dan keamanan produk akhir. Namun, penggunaan bahan tambahan ini harus mempertimbangkan faktor keamanan untuk menghindari efek samping yang merugikan.

Eksipien adalah bahan inert yang ditambahkan ke dalam formulasi obat untuk memberikan bentuk, konsistensi, dan stabilitas yang diinginkan tanpa memberikan efek farmakologis. Contohnya meliputi pengisi, pengikat, pelicin, dan disintegran. Pengembangan eksipien alami, seperti amilum, selulosa, dan kitosan, semakin mendapat perhatian karena dianggap lebih aman dibandingkan eksipien sintetis atau semi-sintetis. Hal ini terkait dengan kemungkinan adanya impurities dalam eksipien sintetis yang sulit dihilangkan selama proses sintesis (Wathoni, 2018).

Pengawet ditambahkan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme dalam produk obat, sehingga memperpanjang umur simpan dan menjaga keamanan produk. Penggunaan pengawet harus didasarkan pada kajian risiko keamanan dan fungsi teknologi dalam formulasi (BPOM, 2024).

Pemanis Alami dan Sintetis:

Pemanis digunakan untuk meningkatkan rasa sediaan obat, terutama yang diminum secara oral. Pemanis alami, seperti sukrosa dan stevia, serta pemanis sintetis, seperti

aspartam dan sakarin, sering digunakan dalam formulasi. Pemilihan antara pemanis alami dan sintetis harus mempertimbangkan faktor keamanan, stabilitas, dan preferensi pasien. Misalnya, pemanis alami mungkin lebih disukai karena dianggap lebih aman, meskipun pemanis sintetis sering digunakan karena stabilitasnya yang lebih tinggi dan biaya yang lebih rendah (Codex Alimentarius, 2017).

Faktor Keamanan dalam Penggunaan Bahan Tambahan:

Penggunaan bahan tambahan dalam formulasi obat herbal harus memperhatikan beberapa faktor keamanan, antara lain:

1. **Legalitas dan Izin:** Pastikan bahan baku yang dipilih memiliki legalitas dan izin yang sesuai dari otoritas yang berwenang untuk memastikan bahwa bahan tersebut memenuhi standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan (BPOM, 2024).
2. **Potensi Efek Samping:** Meskipun obat herbal sering dianggap lebih aman, tetap diperlukan perhatian terhadap kemungkinan efek samping yang mungkin timbul dari bahan tambahan yang digunakan (FHI, 2022)
3. **Interaksi dengan Bahan Aktif:** Eksipien dan bahan tambahan lainnya harus kompatibel dengan bahan aktif untuk mencegah interaksi yang dapat mempengaruhi efektivitas atau keamanan produk (BPOM, 2024).

WHO dan FDA menetapkan bahwa bahan tambahan harus melalui uji toksikologi sebelum digunakan dalam formulasi farmasi (WHO, 2018; FDA, 2020).

4.4.4. Pengujian Stabilitas dan Efektivitas Formulasi

Pengujian stabilitas dan efektivitas formulasi obat merupakan langkah krusial dalam memastikan keamanan, mutu, dan khasiat produk sebelum dipasarkan. Berikut penjelasan mengenai jenis-jenis pengujian yang dilakukan serta evaluasi produk akhir:

1. Uji Fisikokimia

Uji ini bertujuan untuk menilai karakteristik fisik dan kimia dari sediaan obat, termasuk:

- **Organoleptik:** Pengamatan terhadap warna, bau, dan bentuk sediaan untuk memastikan tidak terjadi perubahan yang dapat mempengaruhi kualitas produk.
- **pH:** Pengukuran derajat keasaman atau kebasaan sediaan untuk memastikan stabilitas dan kenyamanan penggunaan.
- **Viskositas:** Penentuan kekentalan sediaan, terutama untuk bentuk sediaan seperti gel atau salep, guna memastikan konsistensi yang tepat.
- **Homogenitas:** Pemeriksaan keseragaman distribusi bahan aktif dan eksipien dalam sediaan.

Uji fisikokimia ini penting untuk memastikan bahwa sediaan obat tetap stabil selama penyimpanan dan penggunaan (Rashati, *et al.*, 2024).

2. Uji Mikrobiologi

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sediaan bebas dari kontaminasi mikroba yang dapat membahayakan pengguna atau mempengaruhi stabilitas produk. Parameter yang diuji meliputi:

- Total Plate Count (TPC): Mengukur jumlah total mikroorganisme aerob dalam sediaan.
- Uji Cemarkan Patogen: Mendeteksi keberadaan mikroorganisme patogen seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan jamur.

Kebersihan mikrobiologis sangat penting, terutama untuk sediaan yang rentan terhadap kontaminasi dan digunakan pada area tubuh yang sensitive (Griselda & Setiawan, 2023).

3. Uji Farmakologi

Uji ini bertujuan untuk menilai efek farmakologis dari sediaan obat, memastikan bahwa bahan aktif memberikan respons terapeutik yang diinginkan. Pengujian meliputi:

- Uji In Vitro: Pengujian efek obat pada kultur sel atau jaringan untuk memahami mekanisme aksi dan potensi efek samping.
- Uji In Vivo: Pengujian pada hewan percobaan untuk menilai efek farmakodinamik dan farmakokinetik, termasuk absorpsi, distribusi, metabolisme, dan ekskresi obat.

Uji farmakologi memastikan bahwa sediaan obat efektif dan aman sebelum dilakukan uji klinis pada manusia (Shiba, *et al.*, 2022).

Sebelum produk obat dipasarkan, evaluasi menyeluruh terhadap produk akhir dilakukan untuk memastikan kepatuhan terhadap standar mutu dan regulasi yang berlaku. Tahapan evaluasi meliputi:

- **Pengujian Stabilitas:** Menilai kemampuan produk mempertahankan kualitasnya selama periode penyimpanan yang ditentukan, termasuk pengujian pada kondisi suhu dan kelembaban tertentu sesuai dengan zona iklim (Qomara, *et al.*, 2023).
- **Uji Bioekivalensi:** Dilakukan untuk memastikan bahwa produk generik memiliki ketersediaan hayati yang setara dengan produk inovatornya, menjamin efektivitas terapeutik yang sama (Rustamaji, 2018).
- **Peninjauan Dokumentasi:** Evaluasi terhadap dokumen registrasi untuk memastikan bahwa semua data terkait keamanan, khasiat, dan mutu produk telah lengkap dan sesuai dengan persyaratan (BPOM, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin Zainal. 2012. *Evaluasi Pembelajaran*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI.
- Arikunto Suharsimi. 2001. *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Asrul, dkk. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Medan: Cipta pustaka Media.
- Danial, D., Nurjannah, N., & Mirna, M. 2019. *Evaluation of The Learning Program of Mathematics Study Program at Islamic Institute Of Muhammadiyah Sinjai. Matematika Dan Pembelajaran*, 7(1), 65. <https://doi.org/10.33477/mp.v7i1.1046>.
- Fitriani. 2019. Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP. *JTMT: Journal Tadris Matematika*, 01(01), 25–30. <http://journal.iaimsinjai.ac.id/index.php/Jtm/article/view/393>.
- Hamalik, Oemar. 2010. *Manajemen Pengembangan Kurikulum*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- Elis Ratnawulan. 2014. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung: Penerbit pustaka.
- Ida Farida. 2017. *Evaluasi Pembelajaran*. Bandung:PT Remaja Rosdakarya.
- Muhammad Afandi.2013. *Evaluasi Pembelajaran Sekolah Dasar*. Semarang:UNISSULA Press
- Sukardi. 2009. *Evaluasi Pendidikan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.

- Tim Pengembangan MKDP Kurikulum dan Pembelajaran. (2011). *Kurikulum dan Pembelajaran*. Jakarta Utara: PT Raja Grafindo Persada.
- Ardila, A., Nurdianti, N., Fitriyah, N.H. 2017. Fabrikasi Nanopartikel Herbal Dalam Tablet *Effervescent* Menggunakan Metode *Solvent Emulsification Diffusion Kombinasi High Speed Homogenizer*. *Prosiding Semnastek*.
- Ariani, L.W., & Purwanto, U.R.E. 2021. Formulasi Nanopartikel Ekstrak Daun Kembang Sepatu (*Hibiscus rosa-sinensis* L.). HKI. STIFAR Semarang.
- Aswarita, R. 2013. Interaksi Ekstrak Daun Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) Dan Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.) Terhadap Daya Hambat *Escherichia coli* Secara *In Vitro*. *Jurnal Edubio Tropika*. 1(2), 61-120.
- Atun, S. 2014. Metode Isolasi dan Identifikasi Struktur Senyawa Organik Bahan Alam. *Jurnal konservasi Cagar Budaya Borobudur*. 8(2), 53-61.
- Fadlillah, A. R., Gozali, D. 2022. Review: Penggunaan Teknologi Nanosuspensi Pada Formulasi Obat Herbal. *Farmaka*. 20(1).
- Fatimawali, Kepel, B.J., Bodhi, W. 2020. Standarisasi Parameter Spesifik dan Non-Spesifik Ekstrak Rimpang Lengkuas Merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) sebagai Obat Antibakteri. *eBiomedik*. 8(1), 63-67.
- Griselda, Z.F.N., & Setiawan, I. 2023. Tinjauan Artikel: Uji Mikrobiologi. *Jurnal Farmasi*. 12(2).
- Hanutami, N.P.B., & Budiman, A. 2017. Review Artikel: Penggunaan Teknologi Nano Pada Formulasi Obat Herbal. *Farmaka*. 15(2).

- Irawati, A.D., Hazmen, P., Nurmaulawati, R. 2022. Efektivitas Diuretik Kombinasi Ekstrak Daun Meniran (*Phyllanthus* Sp.) Dan Kelor (*Moringa Oleifera* Lam.) Pada Mencit Jantan (*Mus Musculus*). *Jurnal Kesehatan*. 9(1).
- Karlida, I., & Musfiroh, I. 2017. Review: Suhu Penyimpanan Bahan Baku Dan Produk Farmasi Di Gudang Industri Farmasi. *Farmaka*. 15(4).
- Kemenkes. 2022. *Farmakope Herbal Indonesia Edisi II*. Kementerian Kesehatan RI. Jakarta.
- Lestari, Y. 2019. Perbandingan Kerja Alat Pengeringan Tipe Spray Dryer Dan Freeze Dryer Dalam Proses Pengeringan Bahan Berbentuk Cair. *Jurnal Ilmiah Kohesi*. 3(3).
- Najla, N.A.R., dkk. 2025. Strategi Peningkatan Stabilitas Bahan Aktif Farmasi: Pendekatan Dan Inovasi. *Jurnal Kesehatan Unggul Gemilang*. 9(1).
- Nurfahmi, M.I., Yuliawati, K., & Syafnir, L. 2024. Pengujian Pengaruh Perbedaan Metode Ekstraksi terhadap Parameter Standar Mutu Ekstrak Daun Kelor. 4(2), 83-90.
- Pradana, T.B., Nugroho, A.E., & Martien, R. 2023. Systematic Review: Nanopartikel dari Bahan Obat Tradisional Indonesia. *Majalah Farmaseutik*. 19(4).
- Pratama, D., Supriyadi, A., Raharjo, B. 2017. Efektivitas Kombinasi Ekstrak Bahan Herbal (Mengkudu, Pepaya, Kunyit) Terhadap Daya Hambat Pertumbuhan *Aeromonas hydrophila* Secara *In Vitro*. *Jurnal Biologi*. 6(2), 7-16.

- Qomara, W.F., Musfiroh, I., Wijayanti, R. 2023. Review: Evaluasi Stabilitas dan Inkompatibilitas Sediaan Oral Liquid. *Majalah Farmasetika*.
- Rashati, D., Falahi, A., Mikhania, C.E., Rohman, A., Maulani, D. 2024. Formulasi Dan Uji Stabilitas Fisik Sediaan Gel Ekstrak Kulit Buah Pisang (*Musa Acuminata Colla*) Dengan Variasi Enhancer. *Jurnal Ilmiah Farmasi Akademi Farmasi*. 7(1), 133-141.
- Rijai, L. 2011. Penentuan Kriteria Ilmiah Potensi Tumbuhan Obat Unggulan. *J. Trop. Chem*. 1(2).
- Rismana. E., Rosidah, I., Bunga, O., Yunianto, P., & Erna. 2015. Pengujian Stabilitas Sediaan Luka Bakar Berbahan Baku Aktif Kitosan/Ekstrak Pegagan (*Centella asiatica*). *JKTI*. 17(1)
- Rustamaji. 2018. Evaluasi Kebijakan Pengendalian Mutu Obat Dengan Uji Ketersediaan Hayati. UGM. Yogyakarta
- Rustiani, E., Moerfiah, Sa'diyah, P.U. 2020. Efektivitas Herbal Cair Kombinasi Daun Pepaya dan Kelopak Bunga Rosella Sebagai Antihipertensi. *Acta Veterinaria Indonesiana*. 8(1), 10-17.
- Shiba, K., dkk. 2022. Review Article: Uji Efektivitas *In Vivo* Dan *In Vitro Anti-Aging* Pada Sediaan Kosmetik. *Farmaka*. 20(3).
- Syahidan, H.H., & Wardhana, Y.W. 2019. Review Jurnal: Parameter Standarisasi Tanaman Herbal Untuk Pengobatan. *Farmaka*. 17(2).
- Syahrir, N.H., Afendi, F., Susetyo, B. Efek Sinergis Bahan Aktif Tanaman Obat Berbasis Jejaring Dengan Protein Target. *Jurnal jamu Indonesia*. 1(1), 35-46.

- Syamsul, E.S., Nugroho, A.E., Pramono, S. 2011. Aktivitas Antidiabetes Kombinasi Ekstrak Terpurifikasi Herba Sambiloto (*Andrographis paniculata* (Burn.F.) Ness.) Dan Metformin Pada Tikus Dm Tipe 2 Resisten Insulin. *Majalah Obat Tradisional*. 16(3), 124-132.
- Wahyuni, R., Guswandi, & Rivai H. 2014. Pengaruh Cara Pengeringan Dengan Oven, Kering Angin Dan Cahaya Matahari Langsung Terhadap Mutu Simplisia Herba Sambiloto. *Jurnal Farmasi Higea*. 6(2).
- Waney, R., Citraningtyas, G., & Abidjulu, J. 2012. *Pengaruh Suhu Terhadap Stabilitas Serta Penetapan Kadar Tablet Furosemida Menggunakan Spektrofotometer Uv-vis. Pharmacon*.
- WHO. 2019. *Global Report on Traditional and Complementary Medicine*. World Health Organization.
- Yulianti, W., dkk. 2020. Pengaruh Metode Ekstraksi Dan Polaritas Pelarut Terhadap Kadar Fenolik Total Daun Kersen (*Muntingia calabura* L). *Jurnal Sains Terapan*. 10(2), 41-49.
- Yuslianti, E.R., dkk. 2016. Standardisasi Farmasitikal Bahan Alam Menuju Fitofarmaka Untuk Pengembangan Obat Tradisional Indonesia. *Dental Jurnal*. 19(2), 179-185.

BAB 5

PEMANFAATAN DAN APLIKASI FARMAKOLOGI

Oleh Wilda Fhitriany Usman

5.1 Pendahuluan

Farmakognosi merupakan bagian dari ilmu farmasi yang diperoleh dari bahan alami termasuk tumbuhan, biota laut, dan mikroorganisme. Ilmu ini memiliki peran penting dalam pengembangan obat tradisional maupun modern, meliputi identifikasi, isolasi, karakterisasi, dan pemanfaatan serta eksplorasi senyawa bioaktif untuk pengobatan berbagai penyakit yang berasal dari tanaman obat, hewan, mikroorganisme, dan mineral. Seiring berkembangnya teknologi dalam bidang farmasi dan bioteknologi, pemanfaatan farmakognosi semakin meluas tidak hanya dalam pengembangan obat-obatan, tetapi juga dalam industri kosmetik, pangan, dan pertanian (Dhami, 2013).

Farmakognosi telah digunakan sejak zaman kuno sebagai dasar pengobatan tradisional di berbagai budaya di dunia. Misalnya, dalam pengobatan tradisional Tiongkok dan Ayurveda, berbagai tanaman obat telah digunakan secara turun-temurun. Saat ini, farmakognosi tidak hanya berfokus pada penggunaan langsung bahan alam, tetapi juga pada ekstraksi, modifikasi, dan formulasi senyawa aktif untuk

meningkatkan efektivitas dan keamanan penggunaannya dalam terapi modern (Dhami, 2013; Pereda-Miranda and de Moraes Santos, 2021).

Inovasi khasiat obat tanaman pada awalnya dicapai melalui tebakan, observasi, coba-coba, penemuan tidak disengaja, rasa ingin tahu, dan lainnya. Kemudian seiring perkembangan zaman, penelitian dalam bidang Farmakognosi terus berkembang secara signifikan, tidak hanya berfokus pada identifikasi senyawa obat, isolasi zat aktif, dan aktivitas biologisnya saja, tetapi etnobotani, etnomedik, dan etnofarmakologi juga telah menjadi elemen penting dalam Farmakognosi (Sarker, 2012; Alamgir, 2017).

Dalam beberapa dekade terakhir, semakin banyak studi yang menyoroti potensi terapeutik berbagai tumbuhan. Tumbuhan obat kini semakin diakui sebagai sumber utama senyawa aktif yang berperan penting dalam proses penemuan dan pengembangan obat. Faktanya, negara-negara maju juga mengalami tren peningkatan dalam pemanfaatan *complementary or alternative medicine* (CAM), terutama pengobatan herbal. Di kawasan Afrika Sub-Sahara, termasuk Nigeria dan Afrika Selatan, lebih dari 80% penduduk menggunakan pengobatan herbal sebagai perawatan kesehatan utama. Sementara itu, laporan dari negara maju seperti Kanada, Jerman, dan Amerika Serikat menunjukkan bahwa lebih dari 70% populasi mereka telah mencoba CAM setidaknya sekali. Penggunaan luas pengobatan tradisional, yang sebagian besar berbasis tanaman obat, sering kali dikaitkan dengan faktor budaya dan ekonomi. Oleh karena itu, WHO juga mendorong dan mendukung negara-negara anggotanya untuk dapat

mengintegrasikan praktik pengobatan tradisional ke dalam sistem Kesehatan (Oladunni Balogun *et al.*, 2019).

5.2 Sumber Bahan Alam dalam Farmakognosi

Farmakognosi mempelajari berbagai sumber bahan alam yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan medis dan kesehatan. Berikut adalah beberapa sumber utama dalam farmakognosi:

a. Tanaman obat

Tanaman merupakan sumber utama senyawa bioaktif seperti, alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan minyak atsiri yang digunakan dalam pengobatan tradisional dan modern karena memiliki berbagai aktivitas farmakologi. Bagian tumbuhan yang digunakan dalam farmakognosi meliputi herba, akar dan rimpang, serta buah dan biji. Herba mencakup bagian atas tanaman seperti daun, bunga, dan batang muda dari tanaman. Akar dan rimpang merupakan bagian bawah tanah tanaman yang memiliki aktivitas biologi untuk terapi. Sementara itu, buah dan biji dari tanaman tertentu, seperti jintan dan biji adas manis, juga memiliki khasiat obat yang bermanfaat (Arviani, D.L., *et al.*, 2023). Beberapa senyawa yang berasal dari tanaman tersaji pada tabel 2.1.

Tabel 4. 1. Senyawa bioaktif dari tanaman

No	Senyawa	Tanaman Asal	Golongan	Aktivitas
1.	Aescin	<i>Aesculus hippocastanum</i>	Saponin	Anti-inflamasi, vasokonstriktor dan vasoprotektif
2.	Ajmalicin	<i>Rauwolfia</i> spp, <i>Catharanthus roseus</i> , dan <i>Mitragyna speciosa</i>	alkaloid	Anti-hipertensi
3.	Berberine	<i>Berberis vulgaris</i>	alkaloid	<i>Treatment for bacillary dysentery</i>
4.	Colchicine	<i>Colchicum autumnale</i>	alkaloid	Agent antitumor
5.	Emetine	<i>Cephaelis ipecacuanha</i>	alkaloid	<i>Amoebisida, emetic</i>
6.	Quinine	<i>Cinchona officinalis</i>	alkaloid	Antimalaria
7.	Curcumin	<i>Zingiberaceae</i>	fenol	Suplement diet
8.	Lapachol,	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	fenol	Antikanker, antitumor
9.	Nordihydroguaiaretic acid	<i>Larrea tridentata</i>	fenol	Antioksidan
10.	Hesperidin	<i>Citrus species</i>	flavonoid	<i>Treatment for capillary fragility</i>

Sumber: (Oladunni Balogun *et al.*, 2019).

b. Hewan dan Substansi Hewani

Senyawa dari hewan menjadi sumber penting dalam pengembangan obat, seperti hormon, enzim, dan antitoksin dengan potensi terapeutik. Organisme laut juga menghasilkan senyawa bioaktif seperti steroid, terpenoid, dan antibiotik dengan sifat antioksidan, antibakteri, dan antikarsinogenik. Obat-obatan seperti insulin dan hormon tiroid berkontribusi dalam penemuan obat modern. Contoh senyawa aktif yang berasal dari hewan yaitu: Heparin dari mukosa usus babi untuk terapi antikoagulan, insulin dari pankreas sapi atau babi sebelum dikembangkan secara rekombinan (Yu *et al.*, 2017).

Penelitian terbaru berfokus pada pemanfaatan racun hewan, seperti racun dari lebah madu, kalajengking, dan kodok sebagai terapi kanker yang potensial. Pengobatan tradisional di berbagai negara juga telah lama menggunakan serangga, ikan, dan hewan berbisa untuk mengatasi berbagai penyakit. Meskipun banyak senyawa dari hewan menunjukkan hasil menjanjikan, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memastikan kemanjurannya dalam pengobatan modern dan produksi industri, serta kajian mengenai aspek kehalalannya (Alamgir, 2018).

c. Mineral

Beberapa mineral alami digunakan dalam pengobatan, baik sebagai suplemen maupun sebagai komponen obat dan juga kosmetik. Contoh: Kaolin kini digunakan dalam aplikasi farmasi dan kosmetik dan memiliki aktivitas antibakteri, antivirus, dan antidiare

ketika diberikan secara oral, serta bertindak sebagai agen pelindung dermatologis ketika digunakan secara topikal (Trckova *et al.*, 2009); Yodium yang seringkali ditambahkan pada garam beryodium, berperan penting dalam kesehatan terutama untuk pertumbuhan dan perkembangan guna mencegah *iodine deficiency disorder* (IDD) dan stunting pada anak-anak (Pratiwi, Dewi and Sumi, 2020; Miko, 2021); Bentonit adalah absorben yang baik dan digunakan sebagai antijerawat karena mampu menyerap minyak berlebih pada kulit (Sukeksi *et al.*, 2021).

d. Mikroorganisme

Mikroorganisme merupakan sumber senyawa bioaktif yang kaya dengan aktivitas biologis, seperti antimikroba, antikanker, antioksidan, dll (Bakhtra *et al.*, 2023; Oktiansyah *et al.*, 2024). Berbagai sumber mikroorganisme yang digunakan sebagai sumber senyawa bioaktif, yaitu: bakteri, jamur, aktinomisetes, dan alga (Danquah, C.A., *et al.*, 2022).

Beberapa contoh senyawa obat baru yang berasal dari mikroorganisme, yaitu:

1. **Marthiapeptide**, kelas molekuler (Cyclic Peptide), mikroorganisme penghasil *Marinactinospora thermotolerans*, aktif terhadap bakteri *S. aureus*, *M. luteus*, *B. subtilis*, *B. thuringiensis*.
2. **Desotamide B**, kelas molekuler (Cyclic Peptide), mikroorganisme penghasil *Streptomyces scopuliridis*, aktif terhadap bakteri *S. aureus*
3. **Marfomycins A,B,C**, kelas molekuler (Cyclic Peptide), mikroorganisme penghasil *Streptomyces drozdowoczii*, aktif terhadap bakteri *M. luteus*

4. **Abyssomicin C**, kelas molekuler (Spirotetronate polyketides), mikroorganisme penghasil *Verrucosispora* spp., aktif terhadap bakteri MRSA, Vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*
5. **Labophorin F**, kelas molekuler (Spirotetronate polyketides), mikroorganisme penghasil *Streptomyces* spp., aktif terhadap bakteri *S. aureus*, *E. faecalis*
6. **Labophorin F**, kelas molekuler (Spirotetronate polyketides), mikroorganisme penghasil *Streptomyces* spp., aktif terhadap bakteri *B. subtilis*
7. **Caboxamycin**, kelas molekuler (alkaloid), mikroorganisme penghasil *Streptomyces* sp., aktif terhadap bakteri *S. epidermidis*, *S. lentus*, *B. subtilis*
8. **Marfuraquinocin A, D**, kelas molekuler (Sesquiterpene derivative), mikroorganisme penghasil *Streptomyces viveus*, aktif terhadap bakteri *S. aureus*, MRSA (Danquah, C.A., et al., 2022).

5.3 Metode Ekstraksi dan Isolasi Senyawa Bioaktif

Untuk mendapatkan senyawa aktif dari sumber alami, berbagai metode ekstraksi dan isolasi digunakan, antara lain:

a. Metode konvensional

- **Maserasi**

Perendaman bahan dalam pelarut untuk mengekstrak senyawa aktif (Zhang, Lin and Ye, 2018).

- **Perkolasi**

Teknik ekstraksi dengan pelarut yang mengalir

melalui bahan secara kontinu (Zhang, Lin and Ye, 2018)

- **Digesti**

Teknik ekstraksi dimana selama proses ekstraksi, bagian tanaman yang diinginkan dimasukkan ke dalam bejana berisi pelarut yang telah dipanaskan sebelumnya hingga mencapai suhu tertentu. Suhu optimal dijaga selama durasi ekstraksi, yang dapat berlangsung antara 30 menit hingga 24 jam, dengan mengaduk wadah secara berkala.

- **Infusa**

Pada teknik ekstraksi ini, bahan tanaman direndam dalam pelarut panas, terutama air, dan dibiarkan dalam wadah tertutup selama kurang lebih 15 menit. Setelah itu, larutan hasil ekstraksi disaring untuk memisahkan ekstrak dari ampasnya.

- **Dekoksi**

Metode dekoksi digunakan untuk mengekstraksi senyawa aktif dari bahan alami yang termotabil dan memiliki struktur yang keras, seperti simplisia berupa akar, rimpang, kulit, batang, biji, serta buah yang keras. Proses ini dilakukan dengan merebus simplisia dalam air dengan perbandingan 1:10 b/v (simplisia/pelarut) pada suhu 90°C hingga volume pelarut berkurang setengahnya (Pantoro and Andy Setyo, 2017).

- **Refluks**

Bahan diekstrak menggunakan pelarut yang dipanaskan hingga mendidih. Uap pelarut kemudian didinginkan kembali oleh kondensor yang terpasang di bagian atas wadah, sebaiknya menggunakan labu dasar bulat. Metode ini tidak cocok digunakan untuk

mengeksktraksi bahan alami yang termolabil (Rasul, 2018).

- **Soxhletasi**

Mengombinasikan teknik refluks dan penyedotan untuk proses ekstraksi berkelanjutan menggunakan pelarut yang selalu baru. Memiliki efisiensi tinggi, lebih cepat, dan lebih hemat pelarut dibandingkan dengan maserasi atau perkolasi. Namun, penggunaan suhu tinggi dan durasi ekstraksi yang panjang dapat meningkatkan risiko kerusakan termal pada senyawa yang rentan terhadap panas (Bommakanti *et al.*, 2023).

b. Metode modern:

- ***Pressurized Liquid Extraction (PLE)***:

Menggunakan tekanan tinggi untuk mempertahankan pelarut dalam fase cair di atas titik didihnya, sehingga meningkatkan kelarutan, laju difusi, dan penetrasi pelarut ke dalam matriks.

- ***Supercritical Fluid Extraction (SFE)***

Menggunakan CO₂ superkritik untuk mendapatkan ekstrak murni.

- ***Ultrasound Assisted Extraction (UAE)***

Penggunaan gelombang ultrasonik dalam ekstraksi memungkinkan terjadinya kavitasi pada pelarut, yang mempercepat pelarutan dan penyebaran zat terlarut serta meningkatkan perpindahan panas, sehingga meningkatkan efisiensi proses ekstraksi.

- ***Microwave Assisted Extraction (MAE)***

Menggunakan gelombang mikro untuk mempercepat pelepasan senyawa bioaktif dari bahan alam ke dalam pelarut. gelombang mikro diserap oleh molekul polar,

menghasilkan panas secara langsung dan merata dalam matriks bahan. Pemanasan cepat ini meningkatkan tekanan dalam sel, menyebabkan gangguan dinding sel, dan mempercepat difusi senyawa ke dalam pelarut.

- ***Pulsed Electric Field Extraction (PEF)***

Menggunakan medan listrik untuk meningkatkan permeabilitas membran sel melalui proses elektroporasi. Medan listrik bertegangan tinggi memicu pembentukan pori-pori pada dinding sel, sehingga mempermudah pelepasan senyawa bioaktif ke dalam pelarut..

- ***Enzyme Assisted Extraction (EAE)***

Memaksimalkan efisiensi ekstraksi melalui aksi hidrolitik enzim yang bekerja pada dinding dan membran sel serta makromolekul di dalamnya, sehingga senyawa lebih mudah dilepaskan secara alami. Selulose, α -amilase, dan pectinase adalah enzim yang umum digunakan dalam EAE.

- ***Hydro Distillation (HD) dan Steam Distillation (SD)***

Merupakan teknik ekstraksi untuk senyawa volatil, terutama minyak atsiri. *Hydro distillation* (HD), bahan diekstraksi dengan cara direbus langsung dalam air, sehingga uap yang dihasilkan membawa senyawa volatil untuk kemudian dikondensasikan menjadi cairan. Sedangkan pada *steam distillation* (SD), uap air dialirkan melalui bahan tanpa merendamnya, sehingga senyawa volatil menguap tanpa kontak langsung dengan air mendidih dan mengurangi risiko degradasi termal (Abdelmohsen, Sayed and Elmaidomy, 2022).

c. Isolasi dan pemurnian

Pada farmakognosi, isolasi dan pemurnian bertujuan untuk mendapatkan senyawa bioaktif dalam bentuk yang lebih murni dari sumber alam seperti tanaman, hewan, atau mikroorganisme. Proses ini terdiri dari beberapa teknik, di antaranya: ekstraksi, fraksinasi, pemurnian senyawa, identifikasi dan karakterisasi.

Fraksinasi, yang juga dikenal sebagai tahap pemurnian awal, merupakan proses pemisahan fisik suatu campuran dalam bentuk cair, gas, atau padatan menjadi komponen-komponennya. Proses ini melibatkan transisi fase dalam satu siklus pemisahan, dengan dasar perbedaan karakteristik spesifik dari masing-masing komponen. (Ibrahim, H. A., 2019).

Contoh proses fraksinasi meliputi:

1. **Dephlegmasi** adalah proses pemisahan campuran uap dengan memanfaatkan perbedaan titik kondensasi masing-masing komponennya.
2. **Distilasi fraksional** merupakan metode pemisahan campuran cair dan gas berdasarkan perbedaan titik didihnya.
3. **Pembekuan fraksional** dilakukan untuk memisahkan campuran cair dengan memanfaatkan perbedaan titik bekunya.
4. **Peleburan fraksional** adalah teknik pemisahan campuran padatan berdasarkan perbedaan titik leleh masing-masing zat.
5. **Fraksinasi isotop** merupakan proses pemisahan campuran isotop dengan memanfaatkan

perbedaan kepadatannya selama terjadi transisi fase.

Pada proses fraksinasi instrumen atau alat yang umum digunakan yaitu:

- a. Kromatografi Cair Vakum (*Vacuum Liquid Chromatography*) Pemisahan fraksi dengan tekanan vakum.
- b. Kromatografi Kolom
Pemisahan senyawa berdasarkan polaritas dengan media padat sebagai fase diam.
- c. Partisi Pelarut
Pemisahan senyawa berdasarkan perbedaan kelarutan dalam dua pelarut berbeda menggunakan corong pisah

Pemurnian senyawa merupakan tahap penting dalam isolasi bahan alam untuk memastikan senyawa yang diperoleh memiliki kemurnian tinggi. Beberapa teknik yang digunakan dalam pemurnian meliputi Kromatografi Lapis Tipis (TLC), yang berfungsi untuk memantau kemurnian dan mengidentifikasi senyawa pada tahap awal, serta Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) yang mampu memurnikan senyawa dengan presisi tinggi berdasarkan interaksi dengan fase diam dan fase gerak. Untuk senyawa volatil, Kromatografi Gas (GC) menjadi metode pilihan yang efektif dalam pemurnian lebih lanjut. Selain itu, Kristalisasi digunakan untuk memisahkan senyawa berdasarkan perbedaan kelarutan dalam pelarut tertentu.

Setelah pemurnian, senyawa yang diperoleh perlu diidentifikasi dan dikarakterisasi menggunakan berbagai teknik analisis. Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengukur serapan cahaya ultraviolet dan tampak guna menentukan keberadaan serta konsentrasi senyawa. FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) berperan dalam mengidentifikasi gugus fungsi senyawa berdasarkan spektrum inframerah. Spektrometri Massa (MS) membantu dalam penentuan massa molekul dan struktur senyawa, sedangkan NMR (Nuclear Magnetic Resonance) memberikan informasi yang lebih akurat mengenai struktur kimia senyawa.

Teknik isolasi dan pemurnian ini memiliki peran penting dalam penelitian farmasi dan kimia bahan alam untuk mendapatkan senyawa bioaktif yang dapat dikembangkan menjadi obat atau produk kesehatan yang lebih efektif dan aman.

5.4 Aplikasi Farmakognosi di Berbagai Bidang

Farmakognosi memiliki berbagai aplikasi dalam bidang farmasi dan industri terkait, terutama dalam studi dan pemanfaatan produk alami. Aplikasi ini mencakup penemuan obat dari bahan alam, analisis untuk pengendalian kualitas, serta studi penggunaan obat tradisional yang digunakan secara turun-temurun. Selain itu, farmakognosi juga berperan dalam verifikasi spesies tanaman obat, pengembangan pestisida alami, serta penelitian keamanan dan manfaat senyawa alami dalam makanan dan kosmetik. Lebih lanjut, manipulasi jalur

biosintesis genetik menjadi pendekatan inovatif untuk meningkatkan produksi senyawa bioaktif. Sehingga farmakognosi tidak hanya berkembang sebagai bidang ilmu yang berkontribusi pada kesehatan, melainkan juga dalam bidang pertanian, dan industri kosmetik (Taviad, 2018).

5.4.1. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Farmasi

Beberapa aplikasi yang berkaitan dengan farmakognosi dalam bidang farmasi, yaitu:

1. Pengembangan obat berbasis bahan alam mencakup Jamu, Obat Herbal Terstandar (OHT), dan Fitofarmaka sebagai pilihan terapi alternatif. Pengembangan kombinasi senyawa alami dan sintetis untuk meningkatkan efikasi.
2. Isolasi senyawa aktif: Salah satu contoh terbaik tentang manfaat tidak mengabaikan pengobatan herbal asli adalah *Artemisia annua*, menghasilkan aetemisin, telah lama digunakan di Tiongkok untuk pengobatan malaria (Sarker, 2012)
3. Penemuan senyawa baru dari bahan alam untuk dikembangkan sebagai obat sintetis.
4. Standarisasi dan kontrol kualitas: penetapan parameter fitokimia untuk menjamin konsistensi produk.

5.4.2. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Kosmetik

- Antioksidan alami: Flavonoid dan polifenol dalam produk anti-aging (Desmiaty *et al.*, 2022; Wahyuni, Putri and Chaerunisaa, 2022).
- Pencerah kulit: Arbutin dan asam kojik dari tanaman (Feng, Fang and Zhang, 2022).
- Sunscreen alami: Ekstrak tumbuhan pelindung UV (Adinda Putri Sabrina *et al.*, 2022).

5.4.3 Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Pangan Fungsional

Pangan fungsional adalah makanan yang memberikan manfaat kesehatan tambahan selain nilai gizi dasarnya. Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan pangan fungsional dari tanaman lokal seperti jagung, ubi jalar, dan mikroalga. Prebiotik, seperti FOS, GOS, dan inulin, merupakan komponen penting dalam pangan fungsional yang dapat ditemukan secara alami dalam berbagai makanan dan berperan dalam meningkatkan kesehatan saluran pencernaan. Makanan fungsional dipercaya mampu mencegah atau menurunkan risiko penyakit degeneratif, termasuk obesitas, diabetes, dan kanker. Dengan meningkatnya kesejahteraan dan kesadaran masyarakat akan kesehatan, permintaan pangan fungsional di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat, menciptakan peluang bagi industri pangan untuk berkembang (Mursono, 2007; Kusumayanti, Triaji and Bagus, 2018).

5.4.4. Aplikasi Farmakognosi dalam Bidang Bioteknologi

Farmakognosi memiliki peran penting dalam bidang bioteknologi, terutama dalam pemanfaatan mikroorganisme, teknik kultur jaringan, dan nanoteknologi untuk meningkatkan produksi serta efektivitas bahan alam. Salah satu aplikasi utama adalah fermentasi mikroba, yang digunakan untuk menghasilkan berbagai produk farmasi seperti antibiotik, enzim, dan vaksin. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa mikroorganisme memiliki kemampuan untuk mensintesis senyawa bioaktif yang dapat

dimanfaatkan dalam pengobatan dan industri farmasi (Naid et al., 2013; Wulandari & Sulistyani, 2016; Maftukhah, 2020).

Selain itu, teknologi kultur jaringan juga memainkan peran penting dalam farmakognosi dengan memungkinkan produksi metabolit sekunder secara terkontrol. Metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, dan terpenoid adalah senyawa yang memiliki bioaktivitas farmakologis. Teknik kultur jaringan memungkinkan produksi senyawa ini dalam skala besar tanpa harus bergantung pada sumber alami, sehingga lebih efisien dan berkelanjutan (Maisyarah and Silvia, 2021).

Di sisi lain, perkembangan nanoteknologi telah memberikan kontribusi besar dalam farmakognosi, khususnya dalam meningkatkan efektivitas bahan alam. Penggunaan nanopartikel memungkinkan penghantaran zat aktif secara lebih terarah, meningkatkan bioavailabilitas, serta mengurangi efek samping dari senyawa obat herbal. Dengan adanya inovasi ini, pengembangan obat berbasis bahan alam menjadi lebih optimal, memberikan peluang lebih luas dalam penelitian dan aplikasi klinis. Oleh karena itu, sinergi antara farmakognosi dan bioteknologi membuka berbagai kemungkinan baru dalam dunia farmasi dan kesehatan (Hatmayana *et al.*, 2021).

5.5 Tantangan dan Prospek Pengembangan Farmakognosi

Farmakognosi merupakan bidang dalam ilmu farmasi yang mempelajari obat-obatan yang berasal dari sumber alam, seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Ilmu ini berperan penting dalam eksplorasi dan pengembangan

obat baru, khususnya dalam fitoterapi dan farmasi modern. Meskipun memiliki potensi besar, pengembangan farmakognosi dihadapkan pada berbagai tantangan sekaligus menawarkan prospek yang menjanjikan dengan adanya kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

5.5.1. Tantangan dalam Pengembangan Farmakognosi

a. Bioprospeksi dan Biopiracy

Bioprospeksi adalah eksplorasi keanekaragaman hayati untuk menemukan senyawa bioaktif yang dapat dikembangkan menjadi obat-obatan baru. Namun, praktik ini sering kali menimbulkan permasalahan etis dan hukum, terutama terkait dengan biopiracy (pembajakan hayati) yang berhubungan dengan kepentingan komersial. Banyak perusahaan farmasi dan peneliti dari negara maju mengeksploitasi sumber daya genetik serta kearifan lokal dari negara berkembang tanpa memberikan imbalan yang setimpal kepada masyarakat setempat. (Shiva, 2007).

Contoh kasus yang terkenal adalah penggunaan tanaman *Azadirachta indica*, yang memiliki julukan "wonder tree" atau "village pharmacy", karena memiliki bioaktivitas yang sangat banyak seperti antidermatonik, anthelmintik, pengusir serangga, antibakteri, antijamur, antivirus, antiseptik, antiinflamasi, antiulkus, dll (Dubey and Kashyap, 2014). Tanaman *Hoodia gordonii* (secara tradisional digunakan oleh masyarakat Khoisan di Afrika Selatan sebagai penekan nafsu makan/anti-obesity plant), di mana senyawa aktifnya telah dikomersialkan tanpa melibatkan masyarakat adat yang telah lama memanfaatkannya (Vermaak, Hamman and Viljoen,

2011). Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan kebijakan yang lebih tegas, sebagaimana diatur dalam Protokol Nagoya mengenai akses serta pembagian manfaat dari sumber daya genetik.(Buck and Hamilton, 2011).

b. Manajemen Sumber Daya Alam Berkelanjutan

Eksplotasi berlebihan terhadap tanaman obat dapat menyebabkan kelangkaan spesies tertentu dan hilangnya biodiversitas (Ismail *et al.*, 2023). Beberapa tanaman dengan nilai farmasi tinggi, seperti *Taxus brevifolia* (sumber paclitaxel, obat kanker) dan *Artemisia annua* (sumber artemisinin, obat malaria), menghadapi ancaman kepunahan akibat permintaan yang tinggi (Meurer-Grimes, Kinghorn and Balandrin, 1994)(Alamgir, 2017; Mamadalieva and Mamedov, 2020).

Untuk itu, diperlukan strategi keberlanjutan, diantaranya yaitu:

- Budi daya tanaman obat sebagai alternatif pengambilan langsung dari alam.
- Pengembangan metode sintesis atau semisintesis senyawa aktif untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber alam.
- Konservasi dan rehabilitasi habitat alami guna menjaga populasi tanaman obat yang terancam (Prayoga *et al.*, 2022; Ismail *et al.*, 2023).

c. Kompleksitas Struktur dan Keterbatasan Produksi

Senyawa bioaktif dari alam umumnya memiliki struktur kimia yang kompleks, sehingga produksi industri dalam skala besar menjadi tantangan. (Musman,

2017). Contohnya adalah vinblastine dan vincristine dari tanaman *Catharanthus roseus*, yang memiliki jalur biosintesis rumit dan rendahnya kandungan senyawa dalam tanaman (Miettinen *et al.*, 2014). Selain itu, beberapa senyawa alami mengalami kesulitan dalam aspek:

- Stabilitas kimia dan bioavailabilitas, yang memengaruhi efektivitasnya sebagai obat.
- Skalabilitas produksi, terutama jika hanya dapat diekstraksi dalam jumlah kecil dari sumber alami.
- Metabolisme dalam tubuh, yang dapat menghambat efektivitas farmakologinya

Pendekatan bioteknologi, seperti penggunaan rekayasa metabolik dan fermentasi mikroba, dapat menjadi solusi untuk memproduksi senyawa ini secara lebih efisien (Wati, Sriwidodo and Chaerunisa, 2022).

d. Regulasi dan Standarisasi Produk Alam

Produk obat herbal dan bahan alami menghadapi tantangan dalam hal **standarisasi, keamanan, dan regulasi**. Tidak seperti obat sintetis, produk alami memiliki variasi dalam kandungan senyawa aktif yang dipengaruhi oleh:

- Variasi geografis dan iklim tempat tumbuhnya tanaman obat.
- Metode ekstraksi dan formulasi yang digunakan.
- Interaksi dengan senyawa lain dalam produk alami yang dapat mempengaruhi efektivitasnya

- Implementasi kehalalan produk farmasi dan herbal sangat krusial dan memerlukan kerja sama antara pemerintah, industri, dan konsumen.

Banyak negara mulai mengembangkan pedoman farmakope dan regulasi yang lebih ketat, seperti US Pharmacopeia (USP), European Pharmacopoeia (Ph. Eur.), dan Farmakope Indonesia untuk memastikan mutu dan keamanan produk berbasis farmakognosi (Hernani, 2016; Alfath, 2023; Wahyuddin and Sidi, 2023).

5.5.2 Prospek Pengembangan Farmakognosi

a. Eksplorasi Sumber Obat Baru dari Lautan (*Marine Pharmacognosy*)

Lautan merupakan sumber potensial bagi penemuan senyawa bioaktif baru yang belum banyak dieksplorasi. Organisme laut seperti spons, alga, dan bakteri laut menghasilkan senyawa unik dengan aktivitas farmakologis tinggi, misalnya:

- Trabectedin (Yondelis®) dari *Ecteinascidia turbinata*, digunakan sebagai obat kanker.
- Bryostatin dari *Bugula neritina*, dikembangkan untuk penyakit Alzheimer dan kanker.
- Salinosporamide A dari *Salinispora tropica*, memiliki aktivitas antikanker yang kuat.

Penggunaan teknologi seperti metagenomik dan bioteknologi laut semakin mempercepat eksplorasi farmakognosi dari sumber daya laut (Jimeno, 2002; Fajarningsih, 2013).

b. Kemajuan Teknologi dalam Identifikasi dan Pengembangan Obat

Teknologi canggih memungkinkan pengembangan farmakognosi lebih cepat dan efisien, seperti: Spektrometri massa dan NMR untuk karakterisasi senyawa bioaktif. *High-throughput screening* (HTS) untuk menyaring ribuan senyawa potensial dengan cepat. Serta kombinasi farmakognosi dengan kecerdasan buatan (AI) untuk memprediksi aktivitas farmakologi senyawa alami. Pendekatan ini membantu mengidentifikasi senyawa baru dengan potensi terapi yang tinggi, mengurangi waktu dan biaya pengembangan obat.

c. Pengembangan Produk Farmasi Berbasis Bahan Alam

Tren kembali ke pengobatan alami mendorong pengembangan fitofarmaka, ekstrak herbal standar, dan suplemen berbasis farmakognosi. Beberapa produk berbasis bahan alam yang sukses di pasaran antara lain: Artemisinin dari *Artemisia annua* sebagai terapi utama malaria. Curcumin dari kunyit (*Curcuma longa*) yang memiliki potensi antiinflamasi dan antioksidan. Resveratrol dari anggur merah yang dikembangkan sebagai agen anti-penuaan. Peningkatan minat pasar global untuk produk alami, industri farmasi mulai berinvestasi lebih banyak dalam riset dan pengembangan berbasis farmakognosi.

d. Kolaborasi dan Etika dalam Bioprospeksi

Pendekatan berbasis kolaborasi antara peneliti, perusahaan farmasi, dan komunitas lokal menjadi solusi untuk mengatasi biopiracy. Model yang dapat diterapkan mencakup:

- *Access and Benefit Sharing* (ABS): Pembagian keuntungan yang adil dengan masyarakat adat.
- Perjanjian kemitraan riset antara akademisi dan industri untuk mendukung penelitian farmakognosi berkelanjutan.
- Penggunaan teknologi bioteknologi dan kultur jaringan untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam langsung.

Farmakognosi memiliki peran penting dalam pengembangan obat berbasis bahan alam, tetapi dihadapkan pada berbagai tantangan seperti eksploitasi sumber daya, kompleksitas senyawa alami, dan regulasi yang ketat. Namun, dengan adanya kemajuan teknologi, eksplorasi sumber daya laut, serta regulasi yang lebih baik, farmakognosi tetap memiliki prospek cerah dalam dunia farmasi modern. Mengadopsi pendekatan yang berkelanjutan, etis, dan berbasis teknologi akan memungkinkan farmakognosi berkembang sebagai bidang yang relevan dalam inovasi farmasi di masa depan (Rose, Quave and Islam, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmohsen, U.R., Sayed, A.M. and Elmaidomy, A.H. (2022) 'Natural Products' Extraction and Isolation-Between Conventional and Modern Techniques', *Frontiers in Natural Products* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3389/fntpr.2022.873808>.
- Adinda Putri Sabrina *et al.* (2022) 'The Potential of Natural Ingredients as Sunscreen: A Narrative Literature Review', *Open Access Indonesian Journal of Medical Reviews* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.37275/oaijmr.v2i4.221>.
- Alamgir, A.N.M. (2017) 'Origin, definition, scope and area, subject matter, importance, and history of development of pharmacognosy', in *Progress in Drug Research*. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-63862-1_2.
- Alamgir, A.N.M. (2018) 'Bioactive compounds and pharmaceutical excipients derived from animals, marine organisms, microorganisms, minerals, synthesized compounds, and pharmaceutical drugs', in *Progress in Drug Research*. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-92387-1_4.
- Alfath, T. (2023) 'STANDAR HALAL DALAM INDUSTRI OBAT-OBATAN DAN HERBAL', *LIKUID: Jurnal Ekonomi Industri Halal* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.15575/likuid.v3i1.18494>.
- Bakhtra, D.D.A. *et al.* (2023) 'Cytotoxic activity of marine sponge-derived fungus penicillium citrinum Xt6', in *AIP Conference Proceedings*. Available at: <https://doi.org/10.1063/5.0127872>.

- Bommakanti, V. *et al.* (2023) 'An Overview of Herbal Nutraceuticals, Their Extraction, Formulation, Therapeutic Effects and Potential Toxicity', *Separations* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.3390/separations10030177>.
- Buck, M. and Hamilton, C. (2011) 'The nagoya protocol on access to genetic resources and the fair and equitable sharing of benefits arising from their utilization to the convention on biological diversity', *Review of European Community and International Environmental Law* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9388.2011.00703.x>.
- Desmiaty, Y. *et al.* (2022) 'REVIEW ARTICLE: POTENTIAL OF NATURAL PRODUCTS IN INHIBITING PREMATURE SKIN AGING', *International Journal of Applied Pharmaceutics* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.22159/ijap.2022.v14s3.05>.
- Dhami, N. (2013) 'Trends in Pharmacognosy: A modern science of natural medicines', *Journal of Herbal Medicine* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2013.06.001>.
- Dubey, S. and Kashyap, P. (2014) 'Azadirachta indica: A Plant With Versatile Potential', *Rajiv Gandhi University of Health Sciences Journal of Pharmaceutical Sciences* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.5530/rjps.2014.2.2>.
- Fajarningsih, N.D. (2013) 'AN EMERGING MARINE BIOTECHNOLOGY: MARINE DRUG DISCOVERY', *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.15578/squalen.v7i2.19>.

- Feng, D., Fang, Z. and Zhang, P. (2022) 'The melanin inhibitory effect of plants and phytochemicals: A systematic review', *Phytomedicine* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154449>.
- Hatmayana, R. *et al.* (2021) 'Development and Application of Nanoparticle Technology in Herbal Drug Formulation- A Review', *International Journal of Education, Science, Technology, and Engineering* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijeste-0402.321>.
- Hernani (2016) 'Pengembangan Biofarmaka Sebagai Obat Herbal Untuk Kesehatan', *Buletin Teknologi Pasca Panen* [Preprint].
- Ismail, A.Y. *et al.* (2023) 'UPAYA KONSERVASI TUMBUHAN OBAT DAN PENGEMBANGANNYA UNTUK KESEJAHTERAAN MASYARAKAT', *Abdimas Galuh* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.25157/ag.v5i2.11470>.
- Jimeno, J.M. (2002) 'A clinical armamentarium of marine-derived anti-cancer compounds', in *Anti-Cancer Drugs*.
- Kusumayanti, H., Triaji, R. and Bagus, S. (2018) 'Pangan Fungsional Dari Tanaman Lokal Indonesia', *Jurnal Metana* [Preprint].
- Maisyarah, I.T. and Silvia, N. (2021) 'Kultur Jaringan Tanaman dalam Produksi Senyawa Antikanker: Artikel Ulasan', *Indonesian Journal of Biological Pharmacy* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.24198/ijbp.v1i2.37553>.

- Mamadalieva, N.Z. and Mamedov, N.A. (2020) 'Taxus brevifolia a High-Value Medicinal Plant, as a Source of Taxol', in. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44930-8_9.
- Meurer-Grimes, B., Kinghorn, A.D. and Balandrin, M.F. (1994) 'Human Medicinal Agents from Plants.', *Brittonia* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.2307/2807160>.
- Miettinen, K. *et al.* (2014) 'The seco-iridoid pathway from Catharanthus roseus', *Nature Communications* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1038/ncomms4606>.
- Miko, A. (2021) 'Sosialisasi pentingnya penggunaan garam yodium untuk mengatasi anak pendek di Desa Lambaro Kueh Kecamatan Lhoknga', *Jurnal PADE: Pengabdian & Edukasi* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.30867/pade.v1i2.709>.
- Mursono, Y. (2007) 'Prospek Pengembangan Makanan Fungsional', *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* [Preprint].
- Musman, M. (2017) *Kimia Organik Bahan Alam, Kimia Organik Bahan Alam*. Available at: <https://doi.org/10.52574/syiahkualauniversitypress.298>.
- Oktiansyah, R. *et al.* (2024) 'Antioxidant and Antibacterial Activity of Endophytic Fungi Isolated from Fruit of Sungkai (*Peronema canescens*)', *Science and Technology Indonesia* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.26554/sti.2024.9.1.17-27>.

- Oladunni Balogun, F. *et al.* (2019) 'Pharmacognosy: Importance and Drawbacks', in *Pharmacognosy - Medicinal Plants*. Available at: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82396>.
- Pantoro and Andy Setyo, B. (2017) *DEKOK DAUN BELIMBING WULUH (Averrhoa bilimbi L.) SEBAGAI CAIRAN UNTUK SANITASI TANGAN DAN MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN BUAH MENTIMUN (Cucumis sativus L.)*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Pereda-Miranda, R. and de Moraes Santos, C.A. (2021) 'Trends in Pharmacognosy: 35 Years of Research on Therapeutical Natural Resources', *Revista Brasileira de Farmacognosia* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1007/s43450-021-00208-8>.
- Pratiwi, A.D., Dewi, I. and Sumi, S.S. (2020) 'HUBUNGAN PENGGUNAAN GARAM BERYODIUM DALAM KELUARGA DENGAN KEJADIAN SUNTING PADA BALITA USIA 24-60 BULAN DI PUSKESMAS MINASATENE KELURAHAN MINASATENE', *Jurnal Ilmiah Kesehatan Diagnosis* [Preprint].
- Prayoga, G.I. *et al.* (2022) 'PENGEMBANGAN KAWASAN KONSERVASI TANAMAN OBAT BERBASIS KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT ADAT MAPUR', *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.33019/jpu.v9i2.3599>.
- Rasul, M.G. (2018) *Extraction, Isolation and Characterization of Natural Products from Medicinal Plants, International Journal of Basic Sciences and Applied Computing (IJBSAC)*.

- Rose, J., Quave, C.L. and Islam, G. (2012) 'The four-sided triangle of ethics in bioprospecting: Pharmaceutical business, international politics, socio-environmental responsibility and the importance of local stakeholders', *Ethnobiology and Conservation* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.15451/ec2012-8-1.3-1-25>.
- Sarker, S.D. (2012) 'Pharmacognosy in modern pharmacy curricula', *Pharmacognosy Magazine* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.4103/0973-1296.96545>.
- Shiva, V. (2007) 'Bioprospecting as sophisticated biopiracy', *Signs* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1086/508502>.
- Sukeksi, L. *et al.* (2021) 'Characterization of the Chemical and Physical Properties of Bar Soap Made with Different Concentrations of Bentonite as a Filler', *International Journal of Technology* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i2.4130>.
- Taviad, K. (2018) 'The Scope of Pharmacognosy Today & Tomorrow', *International Journal of Pharmacognosy & Chinese Medicine* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.23880/ipcm-16000127>.
- Trckova, M. *et al.* (2009) 'The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic Escherichia coli strains in weaned piglets', *Veterinarni Medicina* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.17221/5/2009-VETMED>.

- Vermaak, I., Hamman, J.H. and Viljoen, A.M. (2011) 'Hoodia gordonii: An up-to-date review of a commercially important anti-obesity plant', *Planta Medica* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250643>.
- Wahyuddin, B. and Sidi, R. (2023) 'Pengaturan dan Dampak Hukum Produk Obat Herbal dalam Upaya Pemenuhan Hak Kesehatan di Indonesia', *JlIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.54371/jiip.v6i9.2817>.
- Wahyuni, D.M.I., Putri, S.H. and Chaerunisaa, A.Y. (2022) 'Kajian Literatur: Potensi Ekstrak Tumbuhan Herbal dengan Aktivitas Antipenuaan untuk Produk Perawatan Kulit', *Indonesian Journal of Biological Pharmacy* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.24198/ijbp.v2i2.39854>.
- Wati, R.R., Sriwidodo, S. and Chaerunisa, A.Y. (2022) 'Peningkatan Stabilitas Fitokonstituen melalui Pendekatan Mikroenkapsulasi', *Majalah Farmasetika* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i1.35265>.
- Yu, Y. *et al.* (2017) 'Surprising absence of heparin in the intestinal mucosa of baby pigs', *Glycobiology* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1093/glycob/cww104>.
- Zhang, Q.W., Lin, L.G. and Ye, W.C. (2018) 'Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review', *Chinese Medicine (United Kingdom)* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>.

BIODATA PENULIS



Apt. Arsiaty Sumule, S.Farm., M.Farm.

Dosen Program Studi S1
Farmasi Fakultas Kesehatan
Universitas Efarina

Penulis lahir di Ambon tanggal 06 September 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Farmasi Fakultas Kesehatan, Universitas Efarina. Menyelesaikan pendidikan S1 Farmasi tahun 2015, Profesi Apoteker tahun 2016, dan S2 Farmasi tahun 2020 di Universitas Setia Budi Surakarta.

Penulis memiliki pengalaman kerja di industri farmasi PT. Zenith Pharmaceuticals Semarang sebagai Staff Validasi & Kalibrasi, Departemen Pemastian Mutu (QA) selama 6 tahun. Sejak tahun 2022, penulis bergabung di Universitas Efarina sebagai dosen tetap Program Studi S1 Farmasi.

BIODATA PENULIS



Apt. Fahriani Istiqamah Jafar, M. Farm

Penulis lahir di Samarinda, tanggal 17 September 1991. Penulis berkesempatan menimba ilmu & lulus sarjana di fakultas Farmasi Universitas Mulawarman, kemudian melanjutkan Pendidikan Profesi Apoteker dan Magister Farmasi di Universitas Padjadjaran. Melalui buku ini, penulis berharap dapat berbagi wawasan dan memberikan manfaat bagi pembaca, serta menginspirasi mereka untuk terus belajar dan mengembangkan diri dalam berbagai aspek kehidupan, baik secara pribadi maupun profesional.

BIODATA PENULIS



Erlina Fatmasari, M. Pharm.Sci.

Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Banjarmasin

Penulis lahir di Banjarmasin tanggal 16 Agustus 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Banjarmasin.

Telah menyelesaikan pendidikan Sarjana di Universitas Garut pada tahun 2018 dan Program Magister pada tahun 2021 dengan Konsentrasi Teknologi Farmasi di Universitas Gadjah Mada. Penulis bergabung menjadi dosen Teknologi Farmasi di UM Banjarmasin sejak tahun 2022-sekarang. Adapun *homebase* saat ini yaitu Program Studi D3 Farmasi. Riwayat mengajar penulis yaitu Mata Kuliah Formulasi dan Teknologi Sediaan Semi Solid dan Liquid; Fisika Farmasi; Teknologi Sediaan Steril; *Drug Delivery System*; Metodologi Penelitian; Farmasi Industri.

BIODATA PENULIS



apt. Wilda Fhitriany Usman, M. Farm

Dosen Program Studi Pendidikan Profesi Apoteker
Fakultas Farmasi, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

Penulis lahir di Penyasawan, Kabupaten Kampar, RIAU pada 15 Maret 1992. Penulis menamatkan Pendidikan S1 Farmasi di Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan (2010-2014), kemudian melanjutkan ke jenjang Profesi Apoteker di Universitas Andalas (2015-2016). Setelah menyelesaikan studi profesi, penulis juga pernah menjadi Pharmacy Manager di Kimia Farma Apotek UB Padang (2016-2017). Kemudian penulis melanjutkan dan menyelesaikan studi S2 Farmasi di Universitas Andalas pada tahun 2021. Saat ini penulis aktif bekerja sebagai dosen di Fakultas Farmasi, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang. Sebagai dosen, penulis terus berkontribusi dan berperan aktif dalam penerapan tridarma perguruan tinggi. Bidang ilmu terkait pengajaran, penelitian, dan pengabdian Masyarakat yang didalami penulis yaitu di bidang Biologi Farmasi, khususnya kimia bahan alam.