



FARMAKOLOGI

Menelusuri Rahasia
Obat dari Alam



Arviani ■ Dwi Larasati ■ Melati Aprilliana Ramadhani
Rissa Laila Vifta ■ Anasthasia Pujiastuti ■ Monik Krisnawati
Siti Khoiriyah ■ Salsabiela Dwiudrisa Suyudi ■ Rita Irma
Dewi Chusniasih ■ Lyna Lestari Indrayati

FARMAKOLOGI

Menelusuri Rahasia
Obat dari Alam



UU 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Tentang diperhaluskannya Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi

Pendataan Perhalusan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 adalah sebagai berikut:

- penggunaan tujuan selain Ciptaan tersebut untuk Hak Terkait untuk kepentingan pemenuhan sosial yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi sosial;
- Penggunaan Ciptaan tersebut untuk Hak Terkait hanya untuk keperluan penelitian ilmu pengetahuan;
- Penggunaan Ciptaan tersebut untuk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, keolah-olahan dan Program yang tidak dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; atau
- penggunaan untuk keperluan penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan yang menggunakan suatu Ciptaan tersebut untuk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyanyi.

Sanksi Pidana Pasal 113

- Setiap Orang yang dengan sengaja hak tersebut tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah);
- Setiap Orang yang dengan sengaja hak tersebut tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 2 (dua) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah);

Farmakognosi

Menelusuri Rahasia Obat dari Alam

Arviani, Dwi Larasati, Melati Aprilliana Ramadhani
Rissa Laila Vifta, Anasthasia Pujiastuti, Monik Krisnawati
Siti Khoiriyah, Salsabiela Dwiyudrisa Suyudi, Rita Irma
Dewi Chusniasih, Lyna Lestari Indrayati



Penerbit Yayasan Kita Menulis

Farmakognosi

Menelusuri Rahasia Obat dari Alam

Copyright © Yayasan Kita Menulis, 2023

Penulis:

Arviani, Dwi Larasati, Melati Aprilliana Ramadhani
Rissa Laila Vifta, Anasthasia Pujiastuti, Monik Krisnawati
Siti Khoiriyah, Salsabiela Dwiudrisa Suyudi, Rita Irma
Dewi Chusniasih, Lyna Lestari Indrayati

Editor: Matias Julyus Fika Sirait

Desain Sampul: Devy Dian Pratama, S.Kom.

Penerbit

Yayasan Kita Menulis

Web: kitamenulis.id

e-mail: press@kitamenulis.id

WA: 0821-6453-7176

IKAPI: 044/SUT/2021

Arviani., dkk.

Farmakognosi: Menelusuri Rahasia Obat dari Alam

Yayasan Kita Menulis, 2023

xiv 180 hlm; 16 x 23 cm

ISBN: 978-623-113-066-2

Cetakan 1, November 2023

- I. Farmakognosi: Menelusuri Rahasia Obat dari Alam
- II. Yayasan Kita Menulis

Katalog Dalam Terbitan

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak maupun mengedarkan buku tanpa
izin tertulis dari penerbit maupun penulis

Kata Pengantar

Dengan penuh hormat dan rasa syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas terselesaikannya penyusunan buku ini. buku ini, yang berjudul "Farmakognosi: Menelusuri Rahasia Obat dari Alam," disusun untuk memberikan wawasan yang mendalam tentang studi farmakognosi, sebuah cabang ilmu farmasi yang mengkaji dan menggali potensi terapeutik dari sumber daya alam.

Farmakognosi, sebagai bidang ilmu yang melibatkan identifikasi dan karakterisasi senyawa bioaktif dari tumbuhan, mikroorganisme, dan bahan alam lainnya, memiliki peran sentral dalam penemuan dan pengembangan obat-obatan. Buku ini mencakup konsep-konsep fundamental seperti etnobotani, metode isolasi senyawa, serta uji farmakologis, yang semuanya merangkum perjalanan penelitian panjang dalam mengungkap rahasia obat dari alam.

Buku ini membahas :

- Bab 1 Pengantar Farmakognosi
- Bab 2 Metabolit Sekunder dan Aktivitas Biologisnya
- Bab 3 Teknik Ekstraksi dan Isolasi Metabolit Sekunder
- Bab 4 Analisis Metabolit Sekunder
- Bab 5 Pemeliharaan dan Konservasi Tumbuhan Obat
- Bab 6 Etnobotani: Menelusuri Kearifan Lokal
- Bab 7 Farmakognosi Berbasis Teknologi
- Bab 8 Standardisasi dan Sertifikasi Produk Herbal
- Bab 9 Toksikologi Tumbuhan Obat
- Bab 10 Penemuan Obat Baru dari Alam
- Bab 11 Etika dan Keberlanjutan dalam Farmakognosi

Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang terlibat dalam penulisan buku ini. Dengan demikian, buku ini

diharapkan menjadi panduan berharga bagi mahasiswa, peneliti, dan praktisi farmasi yang tertarik dalam menelusuri dan memahami rahasia obat yang tersembunyi di dalam alam

Terima kasih atas dedikasi dan minat pembaca dalam memahami rahasia obat yang tersembunyi di dalam alam.

November, 2023

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel.....	xiii

Bab 1 Pengantar Farmakognosi

1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah Farmakognosi.....	5
1.3 Sumber-sumber Obat Alam.....	12

Bab 2 Metabolit Sekunder dan Aktivitas Biologisnya

2.1 Alkaloid.....	16
2.2 Fenolik.....	18
2.2.1 Flavonoid	18
2.2.2 Kumarin	19
2.2.3 Tanin.....	20
2.2.4 Lignin	20
2.3 Glikosida	21
2.4 Glikosida Jantung atau Kardenolida	22
2.4.1 Glikosida Tioglikosida.....	23
2.4.2 Glikosida Sianogenik	23
2.4.3 Glikosida Saponin	24
2.5 Terpen (Terpenoid).....	25

Bab 3 Teknik Ekstraksi dan Isolasi Metabolit Sekunder

3.1 Latar Belakang Ekstraksi	27
3.2 Pembuatan Simplisia.....	29
3.3 Ekstraksi	34
3.4 Definisi Ekstraksi.....	36
3.5 Metode Ekstraksi	36
3.5.1 Maserasi.....	37
3.5.2 Perkolasi	38
3.5.3 Refluk	39
3.5.4 Sokletasi.....	39

3.5.5 Infundasi	39
3.5.6 Dekoktasi	40
3.5.7 Destilasi	40
3.5.8 Lawan Arah (Counter Current).....	40
3.5.9 Ultrasonik	41
3.5.10 Gelombang Mikro (Microwave Assisted Extraction, MAE)	41
3.5.11 Ekstraksi Gas Superkritis (Supercritical Gas Extraction, SGE) ...	41
3.6 Metode Isolasi dan Pemurnian Metabolit Sekunder	42
3.6.1 Fraksinasi	42
3.6.2 Kromatografi Lapis Tipis	43
3.6.3 Kromatografi Kolom	45
3.6.4 Kromatografi Gas-Cair	46
3.6.5 High Performance Liquid Chromatography (HPLC).....	47
3.7 Rekristalisasi	49

Bab 4 Analisis Metabolit Sekunder

4.1 Penapisan Fitokimia	51
4.1.1 Identifikasi Flavonoid.....	51
4.1.2 Identifikasi Tanin	52
4.1.3 Identifikasi Fenolik	53
4.1.4 Identifikasi Alkaloid	53
4.1.5 Identifikasi Terpenoid	54
4.1.6 Identifikasi Saponin	54
4.2 Kromatografi Lapis Tipis dan Kertas	55
4.2.1 Pengertian Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Kromatografi Kertas (KK)	55
4.2.2 Fase Diam dan Fase Gerak yang digunakan.....	55
4.2.3 Tahapan Prosedur pada Analisis dengan KLT dan KK	56
4.3 Analisis Kuantitatif.....	64
4.3.1 Analisis Kuantitatif secara Spektrofotometri.....	64
4.3.2 Hal-hal yang harus Diperhatikan dalam Analisis Spektrofotometri UV-Vis	67

Bab 5 Pemeliharaan dan Konservasi Tumbuhan Obat

5.1 Tumbuhan Obat	71
5.2 Pemeliharaan Tumbuhan Obat	74
5.2.1 Pengairan	74
5.2.2 Pemupukan.....	75
5.2.3 Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)	76

5.3 Konservasi Tumbuhan Obat	79
5.3.1 Pengumpulan Informasi	80
5.3.2 Pengkajian Konservasi dan Perencanaan Pengelolaan	80
5.3.3 Kebijakan dan Peraturan	81
5.3.4 Konservasi In situ	82
5.3.5 Konservasi Masyarakat	83
5.3.6 Konservasi Ex situ	83
5.3.7 Praktek Pertanian yang Baik	85
5.3.8 Pendidikan dan Penelitian	85

Bab 6 Etnobotani: Menelusuri Kearifan Lokal

6.1 Pendahuluan	87
6.2 Etnobotani	88
6.2.1 Manfaat Tumbuhan dalam Etnobotani.....	89
6.3 Kearifan Lokal dalam Pengobatan	90
6.3.1 Tanaman Obat Tradisional dan Pengobatan di Indonesia	94

Bab 7 Farmakognosi Berbasis Teknologi

7.1 Perkembangan Farmakognosi	101
7.2 Bioteknologi Tanaman	102
7.2.1 Teknologi Kultur In Vitro Tanaman.....	103
7.2.2 Teknologi Rekayasa Genetika	108
7.3 Contoh Penerapan Bioteknologi Tanaman.....	109
7.3.1 Contoh Penerapan Teknologi Kultur In Vitro Tanaman.....	109
7.3.2 Contoh Penerapan Teknologi Rekayasa Genetik Tanaman	110

Bab 8 Standardisasi dan Sertifikasi Produk Herbal

8.1 Produk Herbal	111
8.2 Standardisasi Produk Herbal.....	112
8.2.1 Standardisasi sebagai jaminan mutu produk	113
8.2.2 Parameter Umum	115
8.2.3 Parameter Khusus	118
8.3 Sertifikasi Produk Herbal.....	119
8.3.1 Sertifikat CPOTB.....	120
8.3.2 Sertifikasi Halal Produk Herbal	121

Bab 9 Toksikologi Tumbuhan Obat

9.1 Pendahuluan.....	123
9.2 Macam Uji Toksisitas	124
9.2.1 Uji Toksisitas in vitro	124
9.2.2 Uji Toksisitas in vivo.....	125
9.2.3 Uji Toksisitas in silico	129
9.3 Toksisitas Beberapa Tumbuhan Obat	130

Bab 10 Penemuan Obat Baru dari Alam

10.1 Pendahuluan.....	135
10.2 Bahan Obat Berbasis Tumbuhan	136
10.3 Pendekatan dalam Pengembangan Bahan Obat Berbasis bahan Alam. 138	
10.3.1 Etnofarmakologi.....	138
10.3.2 Reverse Farmakologi.....	139
10.3.3 Bioteknologi Tumbuhan.....	140
10.3.4 Bioteknologi Mikroorganisme.....	140

Bab 11 Etika dan Keberlanjutan dalam Farmakognosi

11.1 Tanaman Obat di Indonesia	145
11.2 Prinsip Etika Tanaman Obat.....	146
11.3 Ketepatan Penggunaan Obat Tradisional dalam Keberlanjutan Farmakognosi.....	149

Daftar Pustaka	153
Biodata Penulis	173

Daftar Gambar

Gambar 3.1:	Stuktur Kimia Vinkristin, Vinblastine, Taxol, dan Taxoter	28
Gambar 4.1:	Mekanisme Reaksi Uji Shinoda Senyawa Flavonoid	52
Gambar 4.2:	Mekanisme Reaksi Flavonol pada uji Shinoda	52
Gambar 4.3:	Reaksi Uji FeCl ₃ Senyawa TANIN	52
Gambar 4.4:	Reaksi Uji FeCl ₃ Senyawa Fenolik	53
Gambar 4.5:	Reaksi Senyawa Alkaloid dengan Reagen Mayer (a), Wagner (b), Dragendorf (c)	53
Gambar 4.6:	Elusi Senyawa Metabolit pada KLT	59
Gambar 4.7:	Interpretasi Hasil Spotting Sampel yang Dianalisis	61
Gambar 4.8:	Reaksi Pembentukan Kompleks Flavonoid-AlCl ₃	68
Gambar 8.1:	Logo Jamu, OHT, dan Fitofarmaka	113
Gambar 10.1:	Beberapa Skema Pengembangan Obat Berbasis Bahan Alam (A) Prosedur Yang Terlibat Dalam Etnofarmakologi (EP) dan Reverse Farmakologi (RP) untuk Pengembangan Obat Berbahan Alam; (B) Analisis Fitokimia pada Ekstrak untuk Identifikasi Molekul Utama dan Potensi Penggunaannya untuk Obat; (C) Integrasi Pendekatan Polifarmakologi (PP) dan jaringan farmakologi (NP) untuk penemuan obat modern	139
Gambar 10.2:	Proses Pengembangan Bahan Obat Asal Mikroorganisme	141
Gambar 10.3:	Produksi Protein Rekombinan. Gen Manusia yang Ditargetkan Diisolasi dan Digabungkan dengan Vektor (plasmid). Plasmid Mengandung Gen Manusia yang akan Digunakan untuk Mentransformasi Sel Bakteri untuk Memproduksi Protein Rekombinan dalam Jumlah Besar	142

Daftar Tabel

Tabel 2.1: Tanaman yang Mengandung Alkaloid dan Aktivitas Biologi ..	17
Tabel 4.1: Prosedur Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder.....	54
Tabel 4.2: Pereaksi Bercak Beberapa Senyawa Metabolit Sekunder.....	61
Tabel 4.3: Batas Tembus Sinar Terendah untuk Pelarut-Pelarut Di Daerah Sinar UV-Vis	66
Tabel 7.1: Teknologi Kultur In Vitro Tanaman	110
Tabel 8.1: Parameter Non Spesifik dalam Standardisasi Produk Herbal ...	115
Tabel 9.1: Kategori Toksisitas Akut	126
Tabel 10.1: Produk Bahan Obat yang Berasal dari Tumbuhan.....	137
Tabel 10.2: Contoh Protein Rekombinan Yang Berperan Sebagai Bahan Obat yang Diproduksi Menggunakan E.coli dan S. cerevisiae.	143

Bab 1

Pengantar Farmakognosi

1.1 Pendahuluan

Farmakognosi adalah cabang ilmu farmasi yang mempelajari tentang obat-obatan alami, terutama dari tumbuhan. Kata "farmakognosi" sendiri berasal dari bahasa Yunani, "pharmakon" yang berarti obat, dan "gnosis" yang berarti pengetahuan. Jadi, farmakognosi secara harfiah dapat diartikan sebagai pengetahuan tentang obat-obatan (Zunic dkk., 2017).

Farmakognosi adalah cabang ilmu farmasi yang berfokus pada penelitian, identifikasi, karakterisasi, dan pemahaman senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam bahan-bahan alam, seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme, serta bagian-bagian dari bahan-bahan tersebut yang digunakan dalam pengobatan dan terapi (Cahlikova dkk., 2020; Orhan, 2014; Sarker, 2012). Ilmu ini juga mempelajari sejarah penggunaan tradisional dan budaya terkait dengan bahan-bahan alami yang digunakan dalam pengobatan (Dhamni, 2013).

Farmakognosi bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi dan mengisolasi senyawa aktif: Farmakognosi mempelajari senyawa-senyawa kimia dalam bahan alam untuk

mengidentifikasi senyawa aktif yang memiliki potensi farmakologi, seperti senyawa obat (Badal dkk., 2017).

2. Menentukan kualitas bahan baku obat: Farmakognosi membantu dalam menetapkan standar kualitas untuk bahan baku obat, sehingga produk obat yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten dan efektif (Pferschy-Wenzig & Bauer, 2015)
3. Mempelajari interaksi obat alam dan tubuh: Ilmu ini memahami bagaimana senyawa-senyawa alam berinteraksi dengan tubuh manusia, termasuk mekanisme kerja, efek samping, dan toksisitas potensial (Campbell dkk., 2024; Larkins & Wynn, 2004).
4. Mendukung penelitian obat baru: Farmakognosi berperan penting dalam penemuan dan pengembangan obat-obatan baru, terutama dengan menyediakan sumber inspirasi dari bahan alam (Orhan, 2014).
5. Melestarikan pengetahuan tradisional: Farmakognosi juga mencakup upaya untuk memahami dan melestarikan pengetahuan tradisional tentang penggunaan tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme dalam pengobatan dari berbagai budaya (Dhami, 2013)

Ilmu farmakognosi sangat penting dalam pengembangan obat-obatan, pengujian keamanan, dan perancangan formula sediaan obat yang efektif. Seiring dengan kemajuan teknologi, farmakognosi juga telah mengintegrasikan metode analisis kimia dan biologi molekuler untuk memahami secara lebih mendalam senyawa-senyawa alami yang berperan dalam pengobatan modern (Cahlikova dkk., 2020).

Farmakognosi memiliki peran yang sangat penting dalam pengembangan obat-obatan karena:

1. Penemuan Senyawa Aktif

Farmakognosi membantu dalam mengidentifikasi senyawa aktif dalam bahan-bahan alami. Ini adalah langkah awal dalam penemuan obat-obatan baru atau dalam memahami dasar ilmiah dari penggunaan obat tradisional (Badal & Delgoda, 2017).

2. Pengujian Aktivitas Farmakologi

Setelah senyawa aktif diidentifikasi, farmakognosi mendukung pengujian aktivitas farmakologi untuk memahami mekanisme kerja, efek terapeutik, dan keamanan senyawa tersebut (Badal dkk., 2017).

3. Pengembangan Formula Sediaan Obat

Farmakognosi juga terlibat dalam pengembangan formula sediaan obat yang efektif. Ini melibatkan penentuan dosis, cara pemberian, dan formulasi obat agar obat dapat digunakan dengan aman dan efektif oleh pasien (Sarker, 2012).

4. Penentuan Kualitas Bahan Baku Obat

Farmakognosi membantu dalam menentukan kualitas bahan baku obat, sehingga produk obat yang dihasilkan memiliki kualitas yang konsisten. Hal ini sangat penting untuk menghindari variasi dalam kekuatan obat. (Sarker, 2012).

5. Konservasi Sumber Daya Alam

Dalam konteks lingkungan, farmakognosi juga mempertimbangkan konservasi sumber daya alam. Ilmu ini membantu dalam menentukan bagaimana tumbuhan dan hewan obat dapat diambil secara berkelanjutan tanpa merusak ekosistem (Lajis dkk., 2017).

6. Penghormatan Terhadap Pengetahuan Tradisional

Farmakognosi menghormati pengetahuan tradisional yang telah lama digunakan dalam pengobatan oleh masyarakat lokal. Ini melibatkan kerja sama dengan komunitas tradisional dan pengakuan pengetahuan Masyarakat lokal (Amin, 2012).

Farmakognosi juga berperan dalam memahami interaksi antara bahan-bahan alam dan tubuh manusia. Sebagai contoh, banyak obat-obatan modern yang digunakan dalam pengobatan dihasilkan dari senyawa-senyawa yang pertama kali ditemukan dalam tumbuhan atau mikroorganisme. Farmakognosi membantu mengidentifikasi dan mengisolasi senyawa-senyawa ini, dan kemudian memahami bagaimana mereka bekerja dalam tubuh. Dengan demikian, farmakognosi adalah ilmu multidisiplin yang menggabungkan pengetahuan kimia, biologi, kedokteran, dan budaya untuk memahami dan memanfaatkan sumber-sumber alam dalam pengobatan dan perawatan kesehatan. Ilmu ini terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan

penelitian, memberikan kontribusi penting dalam pengembangan ilmu farmasi dan perawatan Kesehatan (Dhami, 2013). Dalam perkembangannya, farmakognosi juga terus beradaptasi dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan.

Berikut adalah beberapa perkembangan penting dalam farmakognosi:

1. Teknologi DNA Barcoding

DNA barcoding adalah teknik yang memungkinkan ilmuwan untuk mengidentifikasi organisme berdasarkan sekuensinya. Dalam farmakognosi, ini digunakan untuk mengkonfirmasi identitas tumbuhan obat yang digunakan dalam obat-obatan. Teknologi ini membantu menghindari kesalahan identifikasi dan memastikan keaslian dan kualitas bahan baku obat (Yang dkk., 2018).

2. Biologi Molekuler

Ilmuwan farmakognosi juga memanfaatkan biologi molekuler untuk memahami mekanisme produksi senyawa aktif dalam tumbuhan obat. Ini membantu dalam pengembangan teknik bioteknologi untuk menghasilkan senyawa-senyawa obat dengan efisien (Alamgir, 2018).

3. Perkembangan Database

Perkembangan farmakognosi juga mencakup pembuatan dan pemeliharaan database informasi tentang bahan-bahan alam yang digunakan dalam pengobatan. Database ini memungkinkan para peneliti untuk mengakses informasi yang diperlukan dengan cepat dan efisien (Zunic dkk., 2017).

4. *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR) merupakan teknik analisis kimia yang krusial dalam ilmu farmakognosi. Spektroskopi NMR digunakan untuk menganalisis struktur kimia dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tumbuhan atau hewan obat. NMR memungkinkan identifikasi senyawa aktif, penentuan struktur molekuler, dan pemahaman interaksi kimia antar komponen dalam bahan alam tersebut. NMR berperan penting dalam penelitian farmakognosi untuk memberikan informasi yang rinci tentang komposisi kimia sampel, mengembangkan obat-obatan berbasis

sumber alam, serta memantau kualitas dan keaslian bahan obat alam, sehingga mendukung upaya pemanfaatan yang berkelanjutan dan optimal terhadap obat tradisional (Mamtimin dkk., 2015).

5. Analisis Spektrometri Massa

Spektrometri massa adalah alat analisis kimia yang sangat penting dalam farmakognosi. Ini digunakan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa kimia dalam bahan alam dengan tingkat resolusi dan sensitivitas yang tinggi. Ilmuwan dapat mengkarakterisasi senyawa-senyawa aktif dengan presisi dengan bantuan spektrometri massa (Baghel dkk., 2017).

6. Mikroskopi Elektron memberikan gambaran yang sangat rinci tentang struktur seluler dan mikrostruktur tumbuhan obat. Mikroskopi Elektron membantu dalam mengidentifikasi bagian-bagian tumbuhan yang memiliki nilai obat, serta dalam mengamati perubahan struktur seluler yang terjadi selama proses pengolahan obat (Shabana dkk., 2021).

1.2 Sejarah Farmakognosi

Perkembangan farmakognosi dari zaman kuno hingga saat ini mencerminkan perjalanan panjang dalam pemahaman tentang obat-obatan alami, penggunaan tumbuhan obat, dan peran ilmu pengetahuan modern dalam penelitian dan pengembangan obat.

Gambaran umum tentang perkembangan farmakognosi selama berbagai periode sejarah.

1. Zaman Kuno:

Babilonia-Asyur

Dalam farmasi Babilonia-Asyur yang tercatat dalam bentuk kuneiform, penggunaan obat herbal untuk penyembuhan internal dan salep untuk perawatan eksternal menjadi prinsip utama. Buku resep tertua di dunia, ditemukan di Irak, berisi dua belas resep untuk salep dan obat dalam, dengan bahan-bahan seperti garam dapur, mur,

thyme, buah ara, embun, susu, kulit, dan baju baju kura-kura. Masyarakat Mesopotamia mengenal budidaya buah ara untuk dijadikan anggur, dan mereka menggunakan jus buah ara untuk merawat dan melapisi obat-obatan. Selain itu, penanaman bawang juga dilakukan, dimakan karena alasan kebersihan dan Kesehatan (Zunic dkk., 2017).

Yunani Kuno

Peradaban Yunani menandai era ilmu pengetahuan dan filsafat yang berkontribusi penting dalam ilmu farmasi, terutama di bidang fitofarmasi. *Aristotle* dan *Hippocrates*, yang diakui sebagai bapak kedokteran *allopatis*, masing-masing mendeskripsikan 500 dan hampir 400 bahan obat mentah dari tanaman. *Theophrastus*, murid Aristotle, juga menyebutkan 500 bahan obat mentah dalam karyanya. Sementara itu, Claudius Galen Pergamum, seorang tokoh kunci, mengembangkan teknik ekstraksi obat nabati dan memperkenalkan konsep formulasi farmasi, menulis sekitar 300 buku tentang tanaman. Semua ini mencerminkan kontribusi Yunani dalam pengembangan ilmu farmasi (Khan, 2014).

Tokoh-tokoh seperti Dioscorides dan Theophrastus berkontribusi pada pemahaman tentang tumbuhan obat dan penggunaan mereka dalam pengobatan. Theophrastus mendefinisikan "tumbuhan" dan memberi nama serta menggambarkan bagian-bagian tumbuhan; ia mempelajari reproduksi tumbuhan dan efek iklim, tanah yang berbeda, dan kontribusi manusia melalui pertanian. Dioscorides menggambarkan tumbuhan obat dan penggunaannya, serta membentuk praktik untuk memperlakukan setiap tanaman dalam bagian tersendiri. Dioscorides, sebagai tokoh utama dalam warisan ilmu farmasi Yunani. Karya Dioscorides, "De Materia Medica," menjadi panduan penting dalam farmakognosi. Karya ini merupakan replika dari "farmakope kuno" dan diakui sebagai karya terbaik dan terluas dalam bidang kedokteran sepanjang zaman kuno. Dioscorides secara cermat mendokumentasikan lebih dari 750 zat obat, termasuk sekitar 600 tanaman. Selain sinonim, "farmakope" ini memberikan

deskripsi morfologi dan data distribusi geografis tanaman tertentu, panduan tentang cara menyusun dan menyimpan obat tertentu, serta memberikan indikasi terapeutik, dosis, dan efek farmakologis (Irwin & Irby-Massie, 2016; Zunic dkk., 2017).

Setelah Romanisasi Yunani pada 146 SM, buku *farmakope* dipindahkan ke Roma. Scribonius Largus, di abad pertama Masehi, menulis "Compositiones medicae" dengan 271 resep. "Compounding of Drugs or Recipes for Remedies" (Compositiones medicamentorum) oleh Scribonius Largus juga merupakan sumber penting dalam kedokteran Romawi, terutama praktik farmasi pada abad pertama Masehi, dengan pembagiannya menjadi tiga bagian utama untuk menyelidiki pendekatan Scribonius terhadap aspek kedokteran, jenis obat, bahan terapeutik, dan metode farmasi terapan di awal Kekaisaran Romawi. Galen, ahli farmasi terkemuka Yunani-Romawi, menulis karya berpengaruh sekitar 160 M, merinci sekitar 500 obat herbal dan obat mineral serta hewan, termasuk "De simplicium medicamentorum temperamentis et facultatibus" dan "De compositione medicamentorum sectmdum genera." Karya-karya Galen, termasuk "De Antidotis," terlestarikan dalam naskah berbahasa Yunani, Latin, dan Arab, dengan banyak edisi cetak, mulai dari edisi Latin pertama di Venice pada 1490 dan edisi Yunani pertama pada 1525 oleh Venetian Aldina. Edisi Latin terkenal termasuk pencetakan Giunta di Venice (sembilan edisi, 1541-1625) dan Froben Basel (tiga edisi, 1542-1562) (Jocks, 2020; Zunic dkk., 2017).

2. Abad Pertengahan

Pengaruh Islam

Asal mula ilmu farmasi (syadanah, dalam bahasa Arab) tidak bisa dipisahkan dari sejarah panjang perkembangannya, yang merupakan suatu proses bertahap dalam evolusi ilmu pengetahuan itu sendiri. Tokoh-tokoh Islam pada zaman kejayaan Islam memiliki peran yang signifikan dalam kemajuan ilmu kedokteran dan farmasi, yang tercermin dalam karya-karya kitab yang dihasilkan. Karya-karya

seperti "The Canon of Medicine" oleh Ibn Sina (Avicenna) dan "Kitab al-Adwiya al-Mufrada" oleh al-Razi (Rhazes) dari dunia Islam menggabungkan pengetahuan klasik Yunani dengan pengetahuan lokal dan memainkan peran penting dalam pengembangan farmakognosi (Sudewi & Nugraha, 2018).

Masa antara abad ke-9 hingga ke-13 tetap dikenal sebagai "Golden period of the Arab science" dengan Kedokteran dan Farmasi menduduki posisi penting di antara ilmu yang diajarkan. Bangsa Arab mampu menggunakan sumber daya budaya dan alamiah serta jaringan perdagangan mereka untuk berkontribusi pada perkembangan kuat farmasi. Ilmuwan Arab seperti Yuhann ibn Masawayh (777-857), Hunayn bin Ishaq (809-873), Sabur bin Sahl (wafat 869), Ali ibn Sahl at-Taberi (808-861), Muhammad ibn Zakarya al-Razi (865-925), Ali ibn Abbas al-Majusi (925-994), Abu-IKasim al-Zahrawi (936-1013), Abu ar-Rayhan al-Biruni (975-1048), Abu Ali ibn Hussayn ibn Abdullah ibn Sina (980-1037), Ibn Jazlah (wafat 1100), Ibn al-Tilmidh (1073-1165), Rabbi Moses bin Maimon (1135-1204), Ibn al-Baitar (1197-1248), Kohen alBaitar, Alauddin ibn al-Nafis (1210-1277), dan lain sebagainya (19-26) (Masic dkk., 2017; Zunic dkk., 2017).

Ibnu Sina, atau Avicenna, memulai perjalanan studinya di Bukhara, mendalami logika, filsafat, metafisika, dan ilmu alam di bawah bimbingan para sarjana terkenal seperti Abu Abd Allah al-Natili. Ibnu Sina menciptakan karya farmasi utamanya, "Kitab al-Qanun fi al-tibb" yang dikenal sebagai "The Canon of Medicine". Buku medis paling terkenal sebelum terbitnya karya oleh adalah Kitab Kamil al-sinaah al-tibbiyyah yang ditulis sekitar tahun 983 oleh Ali ibn al-Abbas al-Majusi. Meskipun dokter Suriah Ibnu al-Ibri (dikenal sebagai Bar Hebraeus), yang meninggal pada tahun 1286, menganggap bahwa buku ini berisi lebih banyak saran klinis praktis dibandingkan *The Canon*. Karya Ibnu Sina "The Canon of Medicine" tetap menjadi buku teks medis paling populer di dunia selama enam abad berikutnya (Nasser dkk., 2009).

Abu Bakar Muhammad bin Zakariya Ar-Razi atau lebih dikenal Ar-Razi merupakan dokter Muslim terkemuka dan pengajar utama di dunia Islam dan Eropa dalam bidang ilmu kedokteran. Ar-Razi juga seorang filsuf dan ahli kimia setelah fondasi-fondasinya dirumuskan oleh Jabir bin Ibnu Hayyan. Ar-Razi berhasil membuat berbagai penemuan kimia modern berdasarkan penelitian dan eksperimen (Sudewi & Nugraha, 2018).

3. Zaman Modern Awal

Pengembangan Kebun Botani

Pada abad ke-16 dan 17, berbagai kebun botani muncul di Eropa barat dan berperan sebagai fasilitas pengajaran bagi mahasiswa universitas yang mempelajari kedokteran, botani, dan farmakologi. Kebutuhan untuk mengajarkan cara membedakan tanaman dengan sifat medis dan beracun mendorong Francesco Bonafede, profesor botani pertama di Eropa, untuk mencetuskan ide pembuatan Orto botanico di Padua. Raja Henry IV dari Prancis juga memerintahkan Pierre Richer de Belleval untuk membuat Jardin des Plantes di Montpellier, diikuti oleh Jardin Royal des Plantes Médicinales di Paris. Berbeda dengan kebun di Padua, Montpellier, dan Paris, hortus yang dibuat oleh Clusius di Leiden lebih fokus pada tanaman langka dari berbagai wilayah. Botanis Inggris mendirikan kebun botani untuk mempelajari sifat obat tanaman, mengklasifikasikan spesies yang baru tiba, dan mendalami potensi ekonomisnya (Rakow & Lee, 2015).

Senyawa bahan alam dan obat tradisional memiliki signifikansi yang besar. Jenis obat seperti pengobatan tradisional Cina, Ayurveda, Kambo, pengobatan tradisional Korea, dan Unani telah digunakan di beberapa wilayah dunia dan berkembang menjadi sistem pengobatan yang diatur secara teratur (Yuan dkk., 2016).

Beberapa contoh pengobatan tradisional yang memiliki keterkaitan dengan farmakognosi, yaitu penggunaan tumbuhan dan bahan alam untuk tujuan pengobatan.

1. Traditional Chinese Medicine (TCM)

TCM telah menjadi subjek penelitian ilmiah yang intensif dalam beberapa dekade terakhir. Banyak produk alami dan obat tradisional dari TCM telah diisolasi, diidentifikasi, dan dievaluasi untuk aktivitas biologis dan farmakologis mereka. Salah satu obat modern yang berasal dari TCM adalah artemisinin.

2. Ayurveda (India)

Ayurveda memanfaatkan berbagai tanaman obat untuk merawat kondisi kesehatan. Contohnya, curcumin dari kunyit berpotensi untuk mengobati penyakit *Alzheimer* (AD), sebuah gangguan neurodegeneratif yang menyebabkan penurunan kognitif dan demensia (Rao dkk., 2012).

3. Kampo (Japan)

Dalam Kampo, formulasi herbal tradisional dari TCM diadaptasi untuk digunakan dalam konteks Jepang. Kampo memiliki efek analgesik yang signifikan dan dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dengan nyeri. Kampo juga memiliki efek samping yang minimal dan dapat dikombinasikan dengan obat-obatan konvensional. Beberapa formula Kampo yang sering digunakan untuk nyeri adalah *Yokukansan* (Tang-kuei, Gambir, Cnidium, *Atractylodes rhizome*, Holen, *Bupleurum*, Liquorice) dan *Shakuyakukanzoto* (*Glycyrrhiza*, Peony, Liquorice) (Arai dkk., 2020)

4. Traditional Korean Medicine (TKM)

TKM mengandalkan farmakognosi dengan menggunakan tanaman seperti ginseng. Ginseng telah digunakan sebagai tonik, nootropik, anti-penuaan, dan anti-patogenik dalam pengobatan herbal Korea, Cina, dan Jepang selama ribuan tahun. Ginseng juga digunakan untuk mengobati berbagai penyakit, seperti diabetes, kanker, stres, impotensi, dan gangguan saraf (Park dkk., 2012).

5. Unani (Middle East)

Sistem pengobatan Unani, yang juga dikenal sebagai pengobatan Islam, merupakan salah satu sistem penyembuhan utama di dunia. Diciptakan oleh dokter-dokter Islam di Timur Tengah sekitar seribu tahun yang lalu, sistem ini berdasarkan prinsip-prinsip yang diajarkan oleh Hippocrates dan Galen (Yesilada, 2011).

6. Jamu (Indonesia)

Jamu adalah bentuk pengobatan tradisional dari Indonesia yang menggunakan berbagai bahan alami seperti rempah-rempah, tumbuhan obat, dan bahan organik lainnya. Beberapa tanaman yang umumnya digunakan dalam jamu mencakup kunyit, jahe, temulawak, sambiloto, daun sirih, dan berbagai rempah-rempah lainnya. Jamu digunakan untuk meningkatkan kesehatan secara umum dan untuk mengobati berbagai kondisi, dan sering kali terkait erat dengan pengetahuan farmakognosi lokal yang telah diwariskan secara turun temurun.

7. Traditional Medicine in Native American Cultures

Suku-suku asli di Amerika memiliki beragam tradisi pengobatan yang melibatkan tanaman obat dan praktik spiritual. Misalnya, ramuan menggunakan tanaman seperti *sage*, *sweetgrass*, dan cedar digunakan dalam upacara penyembuhan.

8. Traditional African Medicine

Praktik pengobatan tradisional di berbagai negara di Afrika, melibatkan penggunaan tanaman obat, pengobatan herbal, dan praktik-praktik spiritual untuk menyembuhkan penyakit dan menjaga kesehatan.

9. Traditional Medicine in South America

Suku-suku di Amerika Selatan, seperti pengobatan tradisional Amazon, menggunakan tanaman obat dari hutan hujan untuk pengobatan. Contoh termasuk *ayahuasca* dan *curanderos* (penyembuh tradisional).

10. Traditional Medicine in Australia

Pengobatan tradisional oleh suku Aborigin di Australia melibatkan penggunaan tanaman obat seperti *tea tree* dan *eucalyptus*, serta praktik pengobatan spiritual.

11. Traditional Medicine in the Arctic Regions

Suku-suku asli di wilayah Arktik, seperti Inuit dan Saami, memiliki tradisi pengobatan yang melibatkan penggunaan tanaman obat yang dapat tumbuh di lingkungan mereka yang keras.

1.3 Sumber-sumber Obat Alam

Sumber-sumber obat dari alam dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan asal-usulnya. Berikut adalah klasifikasi umum dari sumber-sumber obat alam:

1. Tumbuhan Obat (Plant Sources):

- a. Herba: Bagian atas tanaman yang berbunga, seperti daun, bunga, dan batang muda.
- b. Akar dan Rimpang: Bagian tanaman yang berada di bawah tanah dan biasanya digunakan untuk sifat-sifat obatnya.
- c. Buah dan Bijian: Buah tanaman dan biji-bijian tertentu memiliki sifat obat tertentu, contohnya adalah jintan dan biji adas manis.

Pola penamaan simplisia tanaman dalam ketentuan Farmakope Indonesia menyatakan bahwa identifikasi simplisia nabati harus memuat nama genus atau spesies tanaman, diikuti dengan penunjukan bagian tanaman yang digunakan. Namun, peraturan ini tidak berlaku pada simplisia nabati yang berasal dari beberapa jenis tanaman atau eksudat nabati.

- a. Genus + Nama Bagian Tanaman. Contoh: *Cinchonae Cortex*: Kulit pohon cinchona yang digunakan untuk menghasilkan kinin. *Digitalis Folium*: Daun tanaman digitalis yang digunakan karena mengandung senyawa seperti digitoksin.

- b. Petunjuk Species + Nama Bagian Tanaman. Contoh *Belladonnae Herba: Herba belladonna*, yang berasal dari tanaman *belladonna* (*Atropa belladonna*) dan digunakan dalam obat-obatan. *Serpylli Herba: Herba serpylli*, yang berasal dari tanaman *serpyllium* atau *thyme* (*Thymus vulgaris*).
 - c. Genus + Petunjuk Species + Nama Bagian Tanaman. Contoh: *Curcuma aeruginosae Rhizoma* berasal dari Rimpang tanaman *Curcuma aeruginosae* yang digunakan dalam pengobatan tradisional. *Capsici frutescentis Fructus* berasal dari Buah tanaman *Capsicum frutescens*, yang umumnya dikenal sebagai cabai.
2. Hewan dan Produk Hewan:
 - a. Kelenjar dan Sekresi: Beberapa obat berasal dari kelenjar dan sekresi hewan, seperti insulin dari pankreas babi.
 - b. Empulur Hewan: Beberapa organ tubuh hewan, seperti hati, dapat memiliki nilai obat tertentu.

Simplisia Hewani merujuk pada simplisia yang bisa berupa seluruh hewan atau bahan-bahan berguna yang dihasilkan oleh hewan dan masih berbentuk asli tanpa proses kimia murni. Contoh minyak ikan (*Oleum iconis asselli*) dan madu (*Mel depuratum*).
3. Mineral dan Logam:
 - a. Mineral: Beberapa mineral, seperti sulfat besi, dapat digunakan sebagai suplemen obat.
 - b. Logam: Merkuri dan arsenik, meskipun kurang umum digunakan karena sifat toksisitasnya, pernah digunakan dalam sejarah sebagai obat-obatan.

Simplisia Mineral atau pelikan merujuk pada bahan pelikan atau mineral yang belum mengalami proses pengolahan atau telah diolah dengan cara sederhana, dan masih berada dalam bentuk aslinya tanpa mencapai tingkat bahan kimia murni. Contohnya mencakup serbuk seng dan tembaga.

4. Jamur Obat (Fungal Sources):

Jamur: Beberapa jenis jamur mengandung senyawa-senyawa dengan sifat obat, seperti antibiotik dari genus *Penicillium*.

5. Mikroorganisme:

a. Bakteri: Beberapa antibiotik, seperti streptomisin, berasal dari bakteri tertentu.

b. Virus: Penggunaan virus dalam terapi gen dapat dianggap sebagai sumber obat baru yang sedang berkembang.

6. Bahan Alam bahari:

Organisme Laut: Beberapa organisme laut, seperti spons laut dan hewan laut lainnya, dapat menghasilkan senyawa-senyawa obat.

7. Produk Alam Kombinasi:

Tanaman Campuran dan Formulasi Herbal: Banyak obat tradisional berasal dari campuran berbagai tanaman dan formulasi herbal yang diracik dengan tujuan tertentu.

Bab 2

Metabolit Sekunder dan Aktivitas Biologisnya

Senyawa kimia tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi metabolit primer dan sekunder sesuai dengan jalur biosintesis dan fungsinya. Biosintesis dari metabolit primer praktis tidak berbeda antara organisme hidup, dan memainkan peran-peranan penting bagi kehidupan (pertumbuhan, metabolisme dan reproduksi). Metabolit sekunder berbeda dari metabolit primer (misalnya, protein, lipid, karbohidrat, dan asam nukleat) karena distribusinya yang terbatas dalam berbagai kelompok tanaman. Disamping itu, metabolit sekunder merupakan zat yang dihasilkan oleh tanaman guna bertahan di lingkungan tempat tumbuhnya. Molekul-molekul kecil tersebut memiliki efek bervariasi pada tanaman dan organisme lain, termasuk merangsang pembungaan dan pembentukan buah. Selain itu, metabolit sekunder berperan sebagai antimikroba, dapat berfungsi sebagai atraktan yang berperan dalam menarik serangga, senyawa ini juga melindungi tanaman dari predator dan patogen karena efek racunnya. Ditemukan lebih dari 50.000 metabolit sekunder dalam dunia tumbuhan, senyawa ini menjadi kunci dalam memberikan efek obat dari tanaman dan banyak obat modern.

Metabolit sekunder menarik perhatian karena berbagai alasan. Metabolit sekunder dianggap menarik karena keragaman strukturalnya dan potensinya sebagai calon obat dan/atau antioksidan. Metabolit sekunder yang berasal dari

tumbuhan terutama digunakan untuk pengobatan, sebagai racun dan sebagai bahan makanan. Morfin adalah produk alami pertama yang diisolasi dari opium poppy (*Papaver somniferum*) pada tahun 1806. Saat ini, metabolit sekunder tanaman memiliki peran penting dalam pengobatan, yang ditunjukkan lebih dari 30% produk obat baik langsung maupun tidak langsung berasal dari hasil alam produk. Metabolit sekunder tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok berbeda, seperti alkaloid, fenolik, terpen dan glikosida.

2.1 Alkaloid

Istilah "alkaloid" digunakan untuk merujuk pada senyawa turunan tumbuhan yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen, biasanya dalam cincin heterosiklik (gugus fungsi amina), dan memiliki dampak nyata terhadap hewan, termasuk manusia. Orang-orang telah memanfaatkan alkaloid selama berabad-abad, baik dalam penyembuhan maupun sebagai obat penghilang rasa sakit, atau bahkan sebagai racun. Penggunaan opium, dari getah *Papaver somniferum* yang mengandung kodein dan morfin, telah dilaporkan di Timur Tengah sejak sekitar 1200-1400 SM. Pada awalnya, secara kimia, alkaloid dijelaskan sebagai molekul dasar yang mengandung satu atau lebih atom nitrogen yang dihasilkan oleh tanaman. Namun, saat ini diketahui bahwa beberapa alkaloid juga dihasilkan oleh beberapa hewan, seperti salamander api yang menghasilkan samandarine dan beberapa spesies katak.

Alkaloid memiliki rasa pahit dan mampu membentuk garam dengan asam dan menjadi kompleks ion logam. Klasifikasi alkaloid dapat kategorikan berdasarkan berbagai karakteristik, seperti asal asam amino, struktur sistem cincin (pyrrolidine-, indole-, piperidine-, pyrrolizidine-, tropane-, quinoline-, isoquinoline-, aporphine-, imidazole-, diazocin-, purine-, steroidal-, amino-, and diterpene alkaloids), aktivitas farmakologis, klasifikasi taksonomi tumbuhan, atau karakteristik inti siklik. Sekitar 20% tanaman menghasilkan alkaloid, dan banyak dari tanaman tersebut memproduksi lebih dari satu jenis. Peran alkaloid dalam tumbuhan sebagian besar adalah sebagai pertahanan terhadap predator, seperti serangga (nikotin, kafein) dan herbivora (alkaloid lupin, solasodine), serta melawan mikroorganisme (berberin, liriodenin). Beberapa di antaranya juga dihasilkan sebagai respons terhadap kerusakan jaringan, seperti nikotin.

Banyak dari alkaloid ini memiliki aktivitas biologis yang sangat penting (Tabel 2.1). Mayoritas alkaloid berasal dari prekursor asam amino, seperti ornitin, lisin, tirosin, triptofan, dan histidin, atau dari asam. Beberapa alkaloid stimulan bersifat adiktif, seperti morfin, kokain, dan nikotin. Penggunaan yang tidak tepat dari beberapa stimulan dan obat penenang sangat berbahaya bagi tubuh. Strychnine, sebagai contoh, digunakan sebagai racun tikus. Pada tahun 339 SM, filsuf Yunani Socrates dibunuh dengan meminum hemlock yang mengandung alkaloid coniine. Taxol, yang memiliki inti diterpenoid, memiliki rantai samping alkaloid merupakan komponen yang sangat penting kemoterapi untuk mengobati kanker ovarium dan payudara. *Vincristine* dan *vinblastine* *Catharanthus roseus*, juga agen sitotoksik, tetapi penggunaannya terbatas pada kanker stadium akhir karena toksisitas tinggi. *Camptothecin*, alkaloid *quinoline* yang diperoleh dari *Camptotheca acuminata*, digunakan untuk mengobati kanker ovarium stadium lanjut yang resisten terhadap taxol. Banyak senyawa sintesis berasal dari bahan alami tanaman, dan beberapa di antaranya lebih aman untuk digunakan, meskipun tetap memiliki beberapa sifat toksis yang bermanfaat.

Tabel 2.1: Tanaman yang mengandung alkaloid dan aktivitas biologi

Alkaloid	Sumber	Aktivitas Biologi
Arecoline	<i>Areca catechu</i>	Stimulan
Atropine	<i>Atropa belladonna</i>	Antikolinergik
Berberine	<i>Berberis spp.</i>	Pewarna, antibiotik
Caffeine	<i>Coffea arabiga</i>	Stimulan
Cocaine	<i>Erythroxylon coca</i>	Anestesi, stimulan
Coniine	<i>Conium maculatum</i>	Paralisis
Ephedrine	<i>Ephedra sinica</i>	Bronkodilator
Mescaline	<i>Lophophora williamsii</i>	Halosinogen
Nicotine	<i>Nicotiana tabacum</i>	Neuroaktif, insektisida
Papaverine	<i>Papaver somniferum</i>	Relaksan otot
Piperine	<i>Piper nigrum</i>	Anti inflamasi
Quinine	<i>Cinchona ledgeriana</i>	Antimalaria
Reserpine	<i>Rauwolfia</i>	Antipsikomatik
Strichnine	<i>Strychnos</i>	Racun
Theophylline	<i>Camelia sinensis</i>	Stimulan
Vinblastine	<i>Catharanthus roseus</i>	Antineoplasik

2.2 Fenolik

Senyawa-senyawa ini dapat diidentifikasi sebagai senyawa aromatik yang mengandung satu atau lebih gugus hidroksil yang bersifat asam. Saat terpapar udara, senyawa-senyawa ini cenderung mengalami oksidasi cepat dan membentuk kompleks dengan protein. Senyawa fenolik disintesis melalui dua jalur biosintetik: jalur asam shikimat dan jalur asam malonat. Biosintesis sebagian besar produk fenolik dimulai dengan deaminasi fenilalanin menjadi asam sinamat, dikatalisis oleh enzim phenylalanine ammonia lyase (PAL). Asam sinamat merupakan prekursor untuk sintesis turunan yang lebih kompleks seperti lignin, flavonoid, kumarin dan tanin.

2.2.1 Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu kelompok metabolit sekunder yang tersebar luas dengan berbagai fungsi metabolisme. Senyawa biologis aktif ini telah diisolasi lebih dari 6000 jenis flavonoid dari berbagai sumber nabati, seperti buah-buahan, sayuran, herba, dan minuman non alkohol seperti teh dan anggur merah. Flavonoid menjadi unsur yang paling melimpah dalam makanan manusia, mencakup dua pertiga dari total konsumsi makanan. Kelompok flavonoid ini termasuk dalam kelompok fenolik tumbuhan terbesar dengan kerangka karbon 15-C, terdiri dari dua cincin benzena yang dihubungkan oleh jembatan 3-C atau melalui struktur cincin piron heterosiklik. Struktur karbon flavonoid dapat disingkat sebagai C6-C3-C6. Flavonoid kemudian dibagi menjadi sembilan subkelas utama, seperti flavon, flavonol, flavanon, flavanonol, flavanol atau katekin, isoflavon, antosianidin dan proanthocyanidin, serta auron. Terakhir, flavonoid dengan cincin C terbuka dikenal sebagai kalkon. Kelompok flavonoid ini berbeda satu sama lain dalam bilangan oksidasi dan pola substitusi pada cincin karbon. Sifat larut dalam air membuat flavonoid dapat terakumulasi dalam kompartemen vakuola sel. Flavonoid sering ditemukan di dalam vakuola sel, dan berperan dalam memberikan warna pada sebagian besar bunga dan buah. Senyawa ini memiliki fungsi beragam, seperti menjadi atraktan penyerbuk (seperti pelargonidin, sianidin, delphinidin), melindungi tanaman dari radiasi UV-B (seperti kaempferol), berperan sebagai atraktan bagi pemakan serangga (isoquercetine), atau sebagai antifeedant (proanthocyanidin). Beberapa flavonoid, seperti apigenin dan luteoline, juga terlibat sebagai molekul sinyal dalam asosiasi antara kacang-kacangan dan *Rhizobium*.

Sebagian besar flavonoid disintesis sebagai respon terhadap rangsangan stres seperti luka, kekeringan, paparan logam, dan kelaparan. Terutama flavonol dan flavan-3-ols diyakini melindungi tanaman dari stres oksidatif dengan berfungsi sebagai antioksidan. Dari segi aktivitas biologis, flavonoid menunjukkan fungsi antioksidan, efek anti-inflamasi, dan kemampuan menghambat protein sinyal sel. Malvidin-3-O- β -glukosida, yang ditemukan dalam anggur, telah terbukti menghambat mediator inflamasi yang berasal dari makrofag. Flavonoid juga dianggap memiliki manfaat dalam melawan jenis kanker tertentu melalui aktivitas modulasi seperti apoptosis, vaskularisasi, diferensiasi sel, proliferasi sel, dan lainnya, sebagaimana ditunjukkan dalam pengujian in vitro dan in vivo. Meskipun demikian, interaksi kompleks antara flavonoid dan enzim kunci yang terkait sel neoplastik dan metastasis masih belum sepenuhnya dipahami.

2.2.2 Kumarin

Lebih dari 300 senyawa kumarin telah ditemukan dan diisolasi dari lebih dari 800 spesies tumbuhan, termasuk lebih dari 70 famili angiosperma. Contohnya dapat ditemui pada lavender, akar manis, stroberi, ceri, cassia, kayu manis, dan rerumputan seperti rumput manis dan rumput vanila. Kumarin termasuk dalam kelas lakton yang tersebar luas yang disebut benzopyranone. Ada dua senyawa kimia wangi yang paling sederhana dalam kelompok ini, yaitu kumarin dan 7-hidroksikumarin (umbelliferon), yang dihasilkan melalui reaksi asam sinamat dan asam p-kumarat, diikuti dengan penutupan cincin. Beberapa turunan kumarin alami lainnya meliputi aesculetin (6,7 dihydroxycoumarin), herniarin (7-methoxycoumarin), dan psoralen.

Dalam konteks fisiologis, kumarin dikenal karena perannya sebagai agen antimikroba, mengurangi nafsu makan, dan penghambat pertumbuhan. *Scopoletin*, merupakan kumarin paling umum dijumpai pada spesies tanaman berbunga, sering ditemukan pada kulit biji yang diyakini menghambat perkecambahan, sehingga harus dihilangkan sebelum penanaman. Meskipun kumarin sendiri hanya bersifat racun ringan, turunannya yang disebut 'dicoumarol' adalah antikoagulan yang sangat kuat. *Dicoumarol* dapat ditemukan dalam jerami berjamur atau silase semanggi manis, dan dapat menyebabkan perdarahan fatal pada sapi karena menghambat sintesis vitamin K, suatu kofaktor penting yang diperlukan dalam pembekuan darah.

Kumarin merupakan komponen dalam minyak Bergamot, suatu minyak atsiri yang digunakan untuk memberi aroma pada tembakau, teh, parfum,

kondisioner kain, dan berbagai produk lainnya. Kumarin memberikan aroma manis khas pada jerami yang baru dipotong, tetapi rasa pahitnya membuat hewan enggan mengonsumsi tanaman tersebut. Selain itu, kumarin memiliki aktivitas sebagai pengencer darah, agen antijamur, dan antitumor, namun dapat menjadi racun jika digunakan dalam dosis tinggi dan dalam jangka waktu yang lama. Warfarin merupakan kumarin sintetik, digunakan sebagai rodentisida yang sangat efektif. Kumarin (Aflatoksin B1), suatu mikotoksin yang dihasilkan oleh jamur *Aspergillus flavus*, umumnya ditemukan dalam pakan ternak, kacang tanah lembab, dan jagung. Senyawa ini merupakan salah satu karsinogen alami yang paling kuat, dapat mengganggu sistem kekebalan tubuh, serta merusak hati dan ginjal.

2.2.3 Tanin

Tanin adalah hasil dari reaksi polimerisasi senyawa fenolik, yang dapat diidentifikasi melalui warna coklat pada dedaunan saat musim gugur dan perubahan warna pada jaringan tanaman yang terluka. Tanin memiliki peran sebagai pertahanan tanaman terhadap hewan dengan cara menghambat pencernaan hewan. Hal ini terjadi karena tanin dapat berikatan dengan protein dalam sistem pencernaan hewan yang diperlukan untuk pertumbuhan. Akibatnya, proses penyerapan protein dalam sistem pencernaan terganggu. Buah yang belum matang seringkali mengandung tanin dalam konsentrasi tinggi, terutama di lapisan sel luarnya.

Senyawa tanin dapat dibedakan menjadi dua yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Tanin terkondensasi dihasilkan melalui proses polimerisasi unit flavonoid dan umumnya terdapat pada tanaman berbentuk kayu. Sebaliknya, tanin yang dapat mengalami hidrolisis adalah polimer heterogen yang terdiri dari asam galat dan gula sederhana. Tanin merupakan senyawa pertahanan khas yang ditemukan pada daun, buah, akar dan kulit kayu dari tumbuhan. Banyak jaringan sehat mengandung tanin, yang sering kali disintesis sebagai respon terhadap kerusakan sel. Oleh karena itu, tanin dapat berperan sebagai alat pelindung untuk mencegah infeksi pada jaringan yang mengalami kerusakan.

2.2.4 Lignin

Setelah selulosa, senyawa organik yang paling dominan pada tumbuhan adalah lignin yang menyumbang sekitar 30% dari kandungan karbon organik di biosfer. Lignin merupakan salah satu senyawa metabolit sekunder yang paling

penting yang diproduksi oleh jalur metabolisme fenilalanin/tirosin dalam sel-sel tumbuhan. Lignin adalah salah satu jenis senyawa fenolik yang merupakan suatu polimer gugus fenilpropanoid yang sangat bercabang. Tumbuhan yang secara alami mampu menghasilkan lignin adalah tumbuhan berkayu. Biasanya, lignin ditemukan di dalam dinding sekunder yang tebal, namun juga terdapat di dalam dinding primer dan lamela tengah.

Pembentukan lignin melibatkan proses biokimia yang kompleks. Lignin terbentuk dalam dinding sel tanaman melalui proses polimerisasi, terutama pada jaringan-jaringan kompleks yang mengandung monomer-monomer asam fenolik, terutama monolignol. Selain memberikan dukungan mekanis, lignin juga memiliki peran penting dalam pertahanan tanaman. Lignin relatif sulit dicerna oleh herbivora karena komposisi kimianya. Dengan terikat pada selulosa dan protein, lignin semakin mengurangi daya cerna. Proses lignifikasi ini membatasi pertumbuhan patogen dan merupakan respon yang umum terhadap infeksi atau luka. Lignin dan metabolismenya yang terkait berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Sebagai polimer fenolik kompleks, lignin meningkatkan kekakuan dinding sel tanaman, sifat hidrofobik, dan membantu transportasi mineral. Selain itu, lignin adalah penghalang penting yang melindungi terhadap hama dan patogen.

2.3 Glikosida

Senyawa glikosida memiliki bagian karbohidrat (gula) yang terikat pada gugus fungsi lain melalui ikatan glikosidik. Komponen penyusun glikosida disebut glikon (gugus gula), sementara gugus non gula disebut 'aglikon' atau 'genin'. Ikatan antara glikon dan aglikon disebut sebagai ikatan glikosidik. Secara kimia, bagian glikon dan aglikon dapat dipisahkan melalui hidrolisis dengan adanya asam.

Beberapa enzim diketahui dapat membentuk dan memutus ikatan glikosidik.

Glikosida dikelompokkan berdasarkan:

1. Sifat kimia bagian aglikon.
2. Jenis ikatan glikosidik, apakah posisinya berada pada tingkat 'atas atau bawah' molekul gula siklik, yaitu α -glikosida atau β -glikosida.
3. Aktivitas terapeutik bagian aglikon.

Tergantung pada sifat kimia aglikon atau turunannya yang ada dalam glikosida, terbagi sebagai: glikosida alkohol; glikosida antrakuinon; glikosida fenol; glikosida steroid; glikosida flavonoid; glikosida kumarin; glikosida furano-kumarin; glikosida sianogenik; tioglikosida; glikosida saponin (terkait erat dengan steroid); dan glikosida steviol. Secara umum, berdasarkan karakteristik farmakologinya, glikosida dapat dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu: i) glikosida jantung atau kardenolida, ii) glikosida sianogenik, dan iii) saponin. Sebagai tambahan, kelompok keempat, glukosinolat (meskipun secara teknis bukan glikosida), dapat dimasukkan dalam daftar ini karena memiliki struktur yang mirip.

2.4 Glikosida jantung atau kardenolida

Glikosida jantung atau kardenolida merupakan kelompok obat alami dengan rentang dosis yang dapat menyebabkan kematian dan dosis terapeutiknya cukup sempit. Oleh karena itu, penggunaannya harus hati-hati. Glikosida jantung tersebar luas di lebih dari 200 spesies tumbuhan berbunga, termasuk dalam 55 marga dan 12 famili. Salah satu yang paling terkenal adalah foxglove, yang awalnya digunakan untuk mengatasi retensi air yang tidak diinginkan di dalam tubuh dan sekarang banyak dimanfaatkan sebagai obat untuk masalah jantung seperti penyumbatan dan aritmia (irama detak jantung tidak teratur). Spesies tanaman *foxglove* di antaranya yaitu *Digitalis purpurea* dan *Digitalis lanata*. Glikosida aktif dalam daun *Digitalis purpurea* mengandung digitoksin, gitoksin, dan gitalin, sedangkan pada *Digitalis lanata*, gitalin digantikan oleh digoksin, dengan dua yang lain tetap sama.

Beberapa contoh lain dari glikosida jantung termasuk spesies *Strophanthus* dan *Scilla*. Sumber kardenolida yang menarik lainnya adalah tanaman *milkweed*, terutama yang termasuk dalam genus *Calotropis* dan *Asclepias* yang menghasilkan getah berwarna putih susu dan kaya akan kardenolida. Tanaman ini juga menjadi tempat bertelur bagi kupu-kupu raja. Larva kupu-kupu hidup di daun *milkweed* dan menyerap steroid beracun (kardenolida). Kardenolida ini berfungsi sebagai pertahanan terhadap predator. Ekstrak biji *Strophanthus* yang kaya kardenolida pernah digunakan oleh pemburu Afrika untuk meracuni ujung anak panah dan tombak.

2.4.1 Glikosida Tioglikosida

Sesuai dengan namanya, senyawa ini mengandung sulfur dalam ikatan S-glikosidik. Contohnya termasuk sinigrin (atau potasium myronate), yang terdapat dalam sawi hitam (*Brassica nigra*), dan sinalbin, yang terkandung dalam sawi putih (*B. alba*). Benih dari kedua spesies ini sebenarnya tidak memiliki aktivitas fisiologis apa pun, tetapi jika dihidrolisis dengan enzim myrosin (tioglukosidase), benih tersebut menghasilkan dekstrosa dan minyak esensial mustard yang menyebabkan rasa pedas. Seperti glikosida sianogenik, tioglikosida atau glukosinolat dipisahkan secara spasial dari enzim hidrolitik sehingga minyak mustard dihasilkan hanya ketika bijinya dihancurkan atau didisintegrasi, sehingga enzim dan substrat bersentuhan langsung. Rasa yang khas menghalangi atau mengusir beberapa herbivora, sehingga bertindak sebagai perlindungan pertahanan sementara pada beberapa lainnya. Glukosinolat atau minyak mustard bertindak sebagai penarik serangga dan selanjutnya merangsang makan dan bertelur. Minyak biji lobak, diperoleh terutama dari *Brassica napus*, merupakan minyak nabati yang penting, tetapi adanya glukosinolat dan asam erusat tingkat tinggi memberikan rasa yang tidak diinginkan. Dengan menggunakan metode pembiakan konvensional, para ilmuwan Kanada dapat menghasilkan varietas Canola yang sangat rendah glukosinolat dan asam erusat.

2.4.2 Glikosida Sianogenik

Glikosida sianogenik telah ditemukan di lebih dari 200 spesies tumbuhan berbeda, termasuk dikotil, monokotil, gymnospermae, dan pakis. Glikosida ini pada dasarnya merupakan aglikon dengan gugus sianida yang terikat. Glikosida ini dibuat melalui konversi asam amino menjadi oksim, yang kemudian mengalami glikosilasi. Di dalam sel, glikosida sianogenik terkandung di dalam kompartemen yang terpisah dari enzim yang memecahnya. Ketika sel pecah karena kerusakan yang disebabkan oleh herbivora, isi kompartemen bercampur dan glikosida terdegradasi melepaskan hidrogen sianida (HCN) sebagai perlindungan bagi tanaman terhadap herbivora dan patogen.

Glikosida sianogenik ditemukan dalam biji (dan daun layu) sejumlah spesies tanaman dari keluarga *Rosaceae* seperti persik, apel, aprikot, ceri, plum, dan apel. Amygdalin yang berasal dari almond pahit adalah contoh khas glikosida sianogenik. Biji rami (*Linum usitatissimum*), makanan kesehatan yang populer

mengandung senyawa sianogenik, namun senyawa ini hilang selama pemanggangan. Singkong atau ubi kayu (*Manihot esculenta* dari keluarga Euphorbiaceae) juga mengandung glikosida sianogenik dan akan rusak senyawanya dengan perebusan, pemanggangan, pemerasan atau fermentasi.

2.4.3 Glikosida Saponin

Saponin adalah kelompok khusus molekul kimia kompleks dengan karakteristik berbusa. Namanya diambil dari tanaman sabun (*Saponaria* spp.), yang akarnya telah digunakan sejak zaman dahulu sebagai sabun. Saponin terdiri dari aglikon polisiklik yang terikat pada satu atau lebih rantai samping karbohidrat. Bagian aglikon dari saponin (atau sapogenin) adalah steroid (C27) atau triterpen (C30). Saponin telah diekstraksi dari hampir 100 jenis saponin yang berbeda famili angiosperma, terutama *Sapindaceae*, *Aceraceae*, *Hippocastanaceae*, *Cucurbitaceae*, dan *Araliaceae*. Pada hewan, saponin ditemukan di sebagian besar teripang dan bintang laut.

Saponin steroid, misalnya pada ubi jalar (*Dioscorea* spp.) dan ginseng (*Panax quinquefolia* dan *P. ginseng*) banyak digunakan dalam pengobatan. Saponin glisirrhizin, ditemukan dalam akar manis (*Glycyrrhiza glabra*), memiliki sifat ekspektoran, kortikosteroid dan anti inflamasi dan digunakan sebagai pemanis dan penambah rasa pada makanan dan rokok. Saponin mempunyai rasa yang pahit, dapat berfungsi sebagai antifeedant, sehingga melindungi tanaman terhadap banyak jamur patogen. Sel epidermis akar gandum (*Avena sativa*) menghasilkan saponin triterpenoid, avenacin A-1 yang melindungi terhadap serangan jamur. Saponin alfalfa (dari *Medicago sativa*) dapat menyebabkan masalah pencernaan dan kembung. Saponin adalah fitonutrien, banyak terdapat pada sumber makanan seperti sayur mayur, buncis, kacang polong, kedelai. Beberapa saponin (misalnya yang diperoleh dari oat dan bayam) dapat meningkatkan penyerapan nutrisi. Karena sifat deterjennya, saponin populer dalam formulasi kosmetik seperti sampo, pembersih wajah, dan krim kosmetik. Saponin dari *Yucca* dan *Quillaja* digunakan dalam beberapa minuman, seperti bir, untuk menghasilkan busa yang stabil. Jenis glikosida lainnya yaitu Steviol glikosida dari tanaman stevia (*Stevia rebaudiana*) yang mengandung glikosida manis yang memiliki sifat manis sebanyak 40–300 kali lebih manis daripada sukrosa yang rasanya manis. Dua glikosida utama, stevioside dan rebaudioside A digunakan sebagai pemanis alami menggantikan gula biasa di banyak negara. Steviol adalah bagian aglikon dari glikosida tersebut.

2.5 Terpen (Terpenoid)

Terpenoid diberi nama berdasarkan terpen, yaitu komponen turpentine yang mudah menguap yang berasal dari penyulingan resin pohon pinus. Terpen, yang merupakan kelompok terbesar dari metabolit sekunder, terdiri dari berbagai zat yang umumnya tidak larut dalam air dan disintesis baik dari asetil CoA maupun zat antara glikolisis. Terpenoid dan derivatifnya merupakan unit polimer isoprena yang terbentuk oleh kerangka isoprena lima karbon bercabang. Oleh karena itu, terpenoid sering disebut sebagai senyawa isoprenoid.

Klasifikasi terpen didasarkan pada jumlah unit 5-C dalam kerangkanya:

1. Hemiterpenoid: terpen 5-C (satu, lima unit karbon), contoh: isoamil alkohol, asam tiglat
2. Monoterpenoid: terpen 10-C (dua, lima unit karbon), contoh: geraniol, menthol
3. Sesquiterpenoid: terpen 15-C (tiga, lima unit karbon), contoh: farnesol
4. Diterpenoid: terpen 20-C (empat, lima unit karbon), misal, contoh: (bagian dari klorofil)
5. Sesterpenoid: terpen 25-C (lima, lima unit karbon), contoh: ophiobolane
6. Triterpenoid: terpen 30-C, contoh: steroid and sterol
7. Tetraterpenoid: terpen 40-C, contoh: karotenoid
8. Polyterpenoid: $[C_5]_n$ karbon, di mana $n > 8$, contoh: karet alam.

Artemisinin, sejenis antimalaria modern yang termasuk dalam kategori sekuioterpen, berasal dari tanaman obat Cina Quinhao (*Artemisia annua*), yang telah digunakan sebagai obat demam selama lebih dari dua ribu tahun. Artemisinin memiliki rumus empiris $C_{15}H_{22}O_5$ dan efektif melawan resistensi klorokuin yang berbahaya pada malaria falciparum. Selain itu, senyawa terpen lain yang berperan dalam menyelamatkan nyawa adalah paclitaxol, suatu diterpen dengan struktur molekul yang sangat kompleks, efektif dalam mengatasi kanker ovarium, payudara, usus besar, sel kanker paru-paru dan melanoma maligna. Terpenoid (diterpenoid, seskuioterpenoid, triterpenoid) dan lignoid memiliki aktivitas sebagai antivirus, dan telah terbukti

menghambat virus corona, termasuk yang berbahaya Virus SARS-Corona. Asam betulinat dan savinin merupakan inhibitor kompetitif dari protease (enzim yang memecah protein) yang diproduksi oleh virus SARS-CoV 3CL.

Bab 3

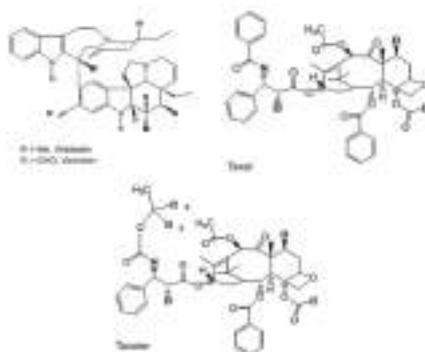
Teknik Ekstraksi dan Isolasi Metabolit Sekunder

3.1 Latar Belakang Ekstraksi

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang sangat besar. Terdapat sekitar 30.000 jenis tanaman dan 7.000 di antaranya memiliki aktivitas farmakologi untuk membantu mengobati penyakit (Ditjen, 2014). Tanaman yang diketahui berkhasiat sebagai obat banyak tersebar di berbagai pulau di Indonesia, di antaranya Jawa, Kalimantan, Sumatra, dan Papua. Keanekaragaman hayati tersebut merupakan sumber metabolit sekunder atau bahan aktif yang tidak terbatas jumlahnya (Atun, 2010). Metabolit sekunder yang diproduksi oleh berbagai organisme, memang tidak memiliki peran yang cukup signifikan untuk keberlangsungan organisme penghasilnya, tetapi sangat bermanfaat untuk keperluan manusia, terutama adalah untuk bahan obat-obatan. Sejak dahulu kala, tumbuhan obat sudah banyak digunakan terutama digunakan untuk membantu mengobati penyakit pada manusia (Atun, 2014).

Khasiat metabolit sekunder yang berasal dari tanaman obat yang sudah banyak diteliti misalnya adalah sebagai antibakteri, antijamur, antioksidan, antikanker dan lain-lain. Penelitian menggunakan bahan dari alam sudah banyak

mengalami kemajuan, di antaranya ditemukannya teknik-teknik pemisahan dengan metode kromatografi dan penentuan struktur molekul secara spektroskopi pada pertengahan abad 20. Dengan menggunakan metode-metode tersebut, maka ditemukanlah senyawa-senyawa bioaktif, misalnya penemuan alkaloid seperti *vin kristin* dan *vinblastine* dari tanaman tapak dara (*Catharanthus roscus*), berdasarkan yang sudah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, kedua senyawa bioaktif tersebut memiliki aktivitas farmakologi sebagai antikanker. Demikian pula penelitian pada tanaman *Taxus brevifolia*, yaitu ditemukan senyawa taksol, serta taxoter yang merupakan senyawa modifikasinya, yang dapat digunakan sebagai obat antikanker. Dari latar belakang tersebut, maka mendorong industri farmasi melakukan eksplorasi senyawa-senyawa bioaktif dari tumbuhan sebagai *lead compounds* untuk penemuan obat baru (Atun, 2014).



Gambar 3.1: Struktur kimia vinkristin, vinblastine. Taxol, dan Taxoter (Atun, 2014)

Metode yang dapat digunakan untuk penemuan obat baru adalah metode ekstraksi. Proses ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk menarik komponen atau metabolit sekunder dari suatu padatan dan/atau cairan dengan menggunakan pelarut tertentu. Beberapa tahapan yang dapat dilakukan sebelum melakukan proses ekstraksi, dapat dilakukan perlakuan sampel tumbuhan sebagai awalan tahapan untuk memperoleh metabolit sekunder yang optimal.

3.2 Pembuatan Simplisia

Bahan baku obat tradisional, sebagian besar berupa tanaman obat yang sudah melewati beberapa tahapan perlakuan, sebelum pada akhirnya dinyatakan sebagai simplisia. Beberapa tahapan perlakuan tersebut di antaranya adalah budidaya, panen, dan penanganan pasca panen. Simplisia merupakan bahan alamiah yang dipergunakan sebagai obat yang belum mengalami pengolahan apapun juga kecuali dinyatakan lain berupa bahan yang telah dikeringkan.

Proses pembuatan simplisia di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan bahan

Sumber bahan tumbuhan dapat diperoleh dari tumbuhan budidaya dan tumbuhan liar. Tentunya ada beberapa keuntungan jika tumbuhan obat diperoleh dari hasil budidaya, di antaranya adalah bibit unggul, tempat tumbuhnya baik, terdapat pengolahan pasca panen yang dapat meningkatkan kualitas simplisia yang dihasilkan. Sedangkan tumbuhan liar jarang dipilih karena tidak memiliki kejelasan asal usul bahan, kemurnian spesies, usia tanaman tidak diketahui, cara budidaya, cara panen, dan kondisi lingkungan tumbuhannya tidak diperhatikan. Penggunaan tumbuhan liar juga berisiko tidak teridentifikasi dengan benar. Pengumpulan bahan haruslah menggunakan bagian tanaman yang sesuai dengan ketentuan yang telah ditentukan, misalnya bagian dari tanaman tersebut harus segar, tidak rusak, usianya masih muda atau diambil yang sudah tua, dan lain-lain. Setelah tumbuhan dikumpulkan, kemudian sampel dilakukan proses sortasi basah.

2. Sortasi Basah

Sortasi basah dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan kotoran-kotoran atau bahan-bahan asing lainnya dari simplisia. Bahan asing yang dimaksud, misalnya seperti tanah, kerikil, daun yang rusak atau bagian yang rusak, rumput dan pengotor lainnya yang harus dibuang. Sortasi basah yang dilakukan adalah sebagai awalan pembersihan simplisia dari pengotor yang terbawa sehingga dapat mengurangi jumlah mikroba awal (B2P2TOOT, 2011).

3. Pencucian bahan

Pencucian bahan bertujuan untuk menghilangkan tanah atau kotoran lain yang melekat pada bahan simplisia. Bahan simplisia harus dilakukan pencucian dengan benar untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Pencucian dengan benar haruslah menggunakan air bersih dan mengalir yang berasal dari mata air, air sumur, atau air PAM.

Cara pencucian bahan akan sangat memengaruhi jenis dan jumlah mikroba awal pada simplisia. Jika air yang digunakan kotor, maka jumlah mikroba yang terkandung pada simplisia dapat bertambah. Bakteri yang umum terdapat dalam air adalah *Pseudomonas*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Escherichia* (B2P2TOOT, 2011)

4. Perajangan

Bahan tanaman yang akan dibuat menjadi simplisia, perlu dilakukan perajangan. Perajangan dilakukan untuk mempermudah proses selanjutnya, seperti pengeringan pengemasan, dan ekstraksi. Proses perajangan yaitu membuat ukuran partikel dari simplisia menjadi lebih kecil, sehingga semakin memperbesar luas permukaan dan akan membuat seluruh permukaan simplisia terkena oleh panas pada saat proses pengeringan. Semakin tipis partikel bahan yang dikeringkan, maka semakin cepat penguapan air, sehingga mempercepat lama waktu pengeringan. Akan tetapi perlu diperhatikan ketipisan dari bahan, irisan yang terlalu tipis juga dapat menyebabkan berkurangnya atau hilangnya zat berkhasiat yang bersifat volatil (seperti minyak atsiri), sehingga dapat memengaruhi komposisi, bau, dan rasa yang diharapkan (B2P2TOOT, 2011)

5. Pengeringan

Tumbuhan obat sangat jarang digunakan dalam keadaan segar karena mudah terjadi kerusakan. Penggunaan bahan yang dikeringkan lebih disarankan, karena jarak antara waktu pemanenan dengan waktu pengolahan sampel untuk menjadi sebuah produk maksimum jangka waktunya adalah 3 jam pada bahan segar, di mana sampel segar

mudah rusak dan mengalami penurunan kualitas yang lebih cepat daripada sampel kering.

Tujuan dari pengeringan adalah untuk mengurangi kadar air pada bahan, sehingga lebih tahan lama pada saat proses penyimpanan. Dengan berkurangnya kadar air, maka reaksi enzimatik pada bahan dapat dicegah. Reaksi enzimatik yang terjadi dapat menyebabkan penurunan mutu dan atau perusakan simplisia. Adanya air yang masih tersisa pada bahan dengan kadar tertentu, menyebabkan tumbuhnya mikroba, kapang, atau jasad renik lainnya. Pada tumbuhan yang masih hidup, pertumbuhan kapang atau jasad renik, serta reaksi enzimatik tidak akan terjadi karena adanya keseimbangan proses metabolisme dalam tubuh tumbuhan, yakni proses sintesis, transformasi, dan penggunaan isi sel. Keseimbangan ini akan hilang setelah sel tumbuhan mati. Reaksi enzimatik tidak akan berlangsung, bila kadar air pada simplisia $< 10\%$ (B2P2TOOT, 2011).

Metode pengeringan simplisia di antaranya adalah menggunakan sinar matahari langsung, matahari tidak langsung, diangin-anginkan, oven, dan lemari pengeringan. Hal yang perlu diperhatikan selama proses pengeringan adalah suhu pengeringan, aliran udara, kelembaban udara, waktu pengeringan, dan luas permukaan bahan. Faktor-faktor tersebut perlu diperhatikan agar dapat memperoleh simplisia kering yang berkualitas dan tidak mengalami kerusakan.

6. Sortasi kering

Sama halnya seperti sortasi basah, sortasi kering bertujuan untuk memisahkan pengotor atau bahan asing yang terdapat pada simplisia. Perbedaannya dengan sortasi basah adalah tahapan sortasi basah dilakukan setelah proses pengumpulan bahan, sedangkan sortasi kering dilakukan setelah tahapan pengeringan dan sebelum dilakukan proses pengemasan. Sortasi kering dilakukan untuk menjamin bahwa simplisia sudah benar-benar terbebas dari bahan asing (B2P2TOOT, 2011).

7. Pengemasan dan Pemberian Label

Tahapan pengemasan dan pemberian label berhubungan dengan proses distribusi dan penyimpanan simplisia. Tahapan ini bertujuan untuk melindungi simplisia saat pengangkutan atau distribusi, dan penyimpanan supaya terlindung dari gangguan luar, seperti suhu, kelembaban, cahaya, kontaminasi mikroba, kontaminasi serangga atau hewan lainnya. Gangguan luar tersebut dapat menurunkan kualitas dari simplisia.

Bahan pengemas yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan, di antaranya adalah:

- a. Dapat menjamin mutu produk yang dikemas
- b. Mudah dipakai
- c. Tidak mempersulit penanganan
- d. Dapat melindungi isi pada saat proses distribusi
- e. Tidak beracun dan tidak bereaksi dengan isi
- f. Kedap air dan udara

Bahan pengemas dapat terbuat dari karung yang terbuat dari bahan plastik, jerami, atau goni. Simplisia daun dan herba biasanya proses pengemasannya dengan cara ditekan terlebih dahulu agar mudah dikemas dan diangkut. Pada setiap kemasannya dapat ditambahkan silica gel yang dibungkus yang bertujuan untuk menyerap air di sekitar simplisia sehingga kondisi simplisia tetap kering dan kemasan tidak lembab.

Pemberian label pada kemasan simplisia merupakan hal yang sangat penting. Label yang melekat pada kemasan harus menunjukkan informasi simplisia dengan jelas, meliputi: nama ilmiah tanaman obat, asal bahan, tanggal panen dan tanggal simpan, berat simplisia, dan status kualitas bahan (B2P2TOOT, 2011).

8. Penyimpanan

Simplisia yang sudah dikemas dan diberi label, kemudian dapat disimpan di dalam gudang yang telah disiapkan. Tujuan dilakukan proses penyimpanan adalah agar simplisia yang sudah dibuat dapat mempertahankan kualitasnya, baik kualitas fisik maupun kestabilan

kandungan senyawa aktif, sehingga tetap memenuhi persyaratan mutu yang telah ditetapkan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan mengenai tempat penyimpanan simplisia adalah:

- a. Gudang harus terpisah dari tempat penyimpanan bahan lainnya ataupun penyimpanan alat dan dipelihara dengan baik
- b. Ventilasi udara cukup baik dan bebas dari kebocoran atau kemungkinan masuknya air hujan
- c. Suhu gudang tidak melebihi 30°C
- d. Kelembaban udara sebaiknya diusahakan serendah mungkin (sekitar 65%) untuk mencegah terjadinya penyerapan air
- e. Kelembaban udara yang tinggi dapat memacu pertumbuhan mikroorganisme sehingga menurunkan mutu simplisia, baik dalam bentuk segar ataupun kering.
- f. Sinar matahari tidak boleh langsung mengenai simplisia
- g. Mencegah masuknya hewan baik serangga maupun tikus atau hewan pengerat lainnya yang dapat memakan simplisia

Selama dalam masa penyimpanan, simplisia dapat mengalami kerusakan dan penurunan kualitas dikarenakan beberapa faktor, yaitu:

- a. Cahaya
Cahaya sinar dengan panjang gelombang tertentu dapat memengaruhi mutu simplisia secara fisik dan kimiawi, misalnya adanya proses isomerisasi dan polimerisasi.
- b. Reaksi kimia internal
Proses fermentasi, reaksi polimerisasi, atau reaksi autooksidasi dapat menyebabkan perubahan kimia simplisia
- c. Oksidasi
Oksigen dari udara atau yang terdapat di sekitar simplisia dapat menyebabkan teroksidasinya senyawa aktif simplisia, sehingga kualitas simplisia dapat menurun
- d. Dehidrasi
Bila kondisi kelembaban di luar lebih rendah daripada di dalam simplisia, maka akan terjadi proses kehilangan air.

e. Absorpsi air

Pada simplisia yang higroskopis dapat menyerap air di lingkungan sekitarnya. Sehingga simplisia dapat menjadi lembab, dan dalam masa penyimpanan, simplisia dapat mengalami kerusakan

f. Kontaminasi

Sumber kontaminan utama yaitu debu, pasir, kotoran bahan asing

g. Serangga

Serangga dapat menimbulkan kerusakan dan pengotoran simplisia, misalnya dalam bentuk larva, imago, dan sisa-sisa metamorfosisnya (kulit telur, kerangka yang telah usung, dan lain-lain)

h. Kapang

Jika simplisia masih dalam kondisi memiliki kadar air yang cukup tinggi, maka akan mudah ditumbuhi kapang selama masa penyimpanan. Jamur, ragi, serta jasad renik lain dapat menguraikan senyawa aktif atau menghasilkan senyawa beracun yang membahayakan konsumen (B2P2TOOT, 2011).

Cara penyimpanan simplisia sejenis juga harus mengikuti konsep “first in first out”, artinya simplisia yang disimpan lebih awal harus digunakan terlebih dahulu. Dengan melakukan pengelolaan pascapanen pada tanaman obat secara tepat dan benar, diharapkan simplisia yang disimpan dapat terjaga kestabilan dan mutunya (B2P2TOOT, 2011).

3.3 Ekstraksi

Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman obat biasanya dalam jumlah yang sangat sedikit. Seperti yang sudah diketahui, bahwa senyawa pada tanaman obat yang memiliki aktivitas biologis tertentu yang dapat membantu mengobati penyakit pada manusia adalah metabolit sekunder. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan manfaat dari metabolit sekunder adalah dengan menarik dan atau mengambil sari atau

memisahkan kandungan metabolit sekunder yang terdapat dalam tanaman obat. Cara yang paling umum digunakan adalah dengan metode ekstraksi.

Metode ekstraksi dapat dipilih berdasarkan pada sifat metabolit sekunder yang akan diekstraksi. Sebelum memilih suatu metode, harus menentukan terlebih dahulu apa yang akan menjadi target ekstraksi.

Ada beberapa yang merupakan target ekstraksi (Mukhtarini, 2014), di antaranya adalah:

1. Senyawa bioaktif yang tidak diketahui
2. Senyawa yang diketahui ada pada suatu organisme
3. Sekelompok senyawa dalam suatu organisme yang berhubungan secara struktural.

Adapun langkah-langkah dari proses ekstraksi di antaranya adalah pembuatan serbuk simplisia terlebih dahulu. Tujuan dari pembuatan serbuk yaitu memperluas permukaan serbuk. Ekstraksi akan semakin baik bila permukaan serbuk simplisia yang bersentuhan dengan pelarut semakin luas, serta semakin pendek jarak difusi pelarut sehingga kecepatan ekstraksi lebih besar, maka semakin halus serbuk simplisia maka akan semakin baik hasil ekstraksinya. Tetapi perlu diperhatikan pada bahan simplisia yang mengandung minyak atsiri, jika serbuk terlalu kecil maka dinding sel dapat pecah, dan minyak atsiri akan keluar. Langkah selanjutnya adalah pembahasan, yang bertujuan untuk memberikan kesempatan pelarut memasuki pori-pori simplisia sehingga memudahkan penyarian. Selanjutnya adalah penyarian, pada tahapan ini system yang bekerja adalah osmosis dan difusi.

Pada proses penyarian ini, lama waktu ekstraksi juga merupakan faktor yang berpengaruh pada hasil ekstraksi. Waktu ekstraksi yang terlalu singkat mengakibatkan tidak semua senyawa larut dalam pelarut yang digunakan, dan apabila waktu ekstraksinya terlalu lama, maka tidak akan mengakibatkan peningkatan berat zat aktif yang terekstrak karena pelarut yang digunakan sudah terlalu jenuh, sehingga tidak mampu lagi untuk menarik zat aktif pada tanaman. Langkah terakhir pada proses ekstraksi adalah pemekatan, yang bertujuan untuk mengurangi pelarut yang digunakan pada proses penyarian. Pemekatan ekstrak dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu: menggunakan waterbath, diuapkan dengan rotary evaporator, dan menggunakan freeze dryer.

3.4 Definisi Ekstraksi

Ekstraksi adalah proses penarikan komponen atau zat aktif dari suatu campuran padatan dan/atau cairan dengan menggunakan pelarut tertentu yang sesuai. Proses ekstraksi merupakan langkah awal yang penting dalam suatu penelitian tanaman obat, dikarenakan proses ini akan menghasilkan produk ekstrak kasar yang merupakan titik awal untuk isolasi dan pemurnian komponen kimia yang terdapat pada tanaman. Ekstraksi dinyatakan selesai ketika konsentrasi senyawa dalam pelarut dan konsentrasi dalam simplisia telah terjadi tercapai kesetimbangannya.

3.5 Metode Ekstraksi

Metode yang digunakan untuk melakukan ekstraksi, masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Pemilihan metode dilakukan dengan memperhatikan sifat senyawa, alat yang tersedia, dan pelarut yang digunakan. Selain itu saat akan melakukan proses ekstraksi, ada beberapa hal yang harus menjadi pertimbangan, di antaranya adalah zat yang akan diekstraksi, pelarut yang digunakan dan metode yang akan dipakai. Metode ekstraksi yang digunakan tergantung pada sifat fisika dan kimia zat aktif yang akan diekstraksi. Penarikan zat aktif tersebut didasarkan pada prinsip distribusi komponen zat aktif ke dalam suatu pelarut yang dikenal dengan istilah like dissolve like yang artinya senyawa yang polar akan larut dalam pelarut polar dan senyawa non polar akan larut dalam pelarut non polar, maka zat aktif atau senyawa target yang diinginkan dapat dipisahkan dari campurannya secara selektif dalam pelarut yang digunakan. Pemilihan pelarut harus mempertimbangkan banyak faktor, diantaranya harus mampu melarutkan zat aktif, stabil secara fisika dan kimia, bersifat inert, dan tidak memengaruhi zat aktif.

Hal yang menjadi pertimbangan selanjutnya pada proses ekstraksi adalah di dalam tanaman obat biasanya mengandung berbagai macam senyawa kimia, maka diperlukan metode ekstraksi yang mutakhir, yang dapat menyari senyawa dalam jumlah kecil. Secara umum metode ekstraksi dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya proses pemanasan. Pemanasan ini sangat berpengaruh terhadap efektivitas proses ekstraksi dan tergantung juga pada senyawa target yang akan diekstraksi. Ekstraksi dingin pada prinsipnya tidak

membutuhkan pemanasan selama proses ekstraksi, cocok digunakan untuk senyawa aktif yang tidak tahan terhadap pemanasan yang bertujuan untuk menghindari kerusakan senyawa. Sedangkan pada ekstraksi panas membutuhkan pemanasan pada proses ekstraksi agar mengoptimalkan senyawa target untuk dapat terlarut dalam pelarut yang digunakan sehingga proses ekstraksi dapat berjalan dengan cepat. Tentunya suhu dan tekanan yang digunakan saat proses ekstraksi adalah hal-hal yang perlu menjadi perhatian juga. Beberapa metode yang umum digunakan adalah ekstraksi dingin (maserasi dan perkolasi), ekstraksi panas (digesti, dekokta, infundasi, sokletasi, refluks, destilasi), lawan arah (countercurrent, ultrasonic, microwave assisted extraction), dan ekstraksi gas superkritis (supercritical gas extraction) (Hujjatusnaini et al, 2021)

3.5.1 Maserasi

Maserasi merupakan salah satu metode ekstraksi yang paling sering digunakan yaitu dengan cara memasukkan serbuk simplisia dan pelarut yang sesuai ke dalam suatu wadah inert yang ditutup rapat pada suhu ruang sekitar 20-30C agar mencegah penguapan pelarut selama waktu ekstraksi. Prinsip metode maserasi yaitu perendaman, di mana cairan penyari akan menembus dinding sel simplisia dan masuk ke dalam rongga sel yang banyak mengandung zat aktif, kemudian zat aktif akan melarut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan zat aktif di dalam sel dan di luar sel, menyebabkan larutan terpekat didesak keluar. Peristiwa ini akan terjadi secara berulang, sehingga terjadilah kesetimbangan konsentrasi antara larutan di luar sel dan di dalam sel (Mukhtarini, 2014).

Metode maserasi biasanya dilakukan selama beberapa hari, yaitu berkisar 2-14 hari, maka perlu diperhatikan bahwa semakin lama proses perendaman menyebabkan pelarut mudah terjadi kejenuhan sehingga pelarut tidak mampu lagi untuk menarik metabolit sekunder yang masih tertinggal pada simplisia. Metode maserasi dapat dioptimalkan dengan pengadukan, remaserasi, dan pemanasan. Pengadukan yang dilakukan secara berkala dapat membantu menghomogenkan senyawa kontak dengan pelarut dan membantu kelarutan zat aktif ke dalam pelarut sehingga dapat mengoptimalkan hasil ekstraksi. Sedangkan remaserasi merupakan salah satu metode modifikasi dari maserasi.

Remaserasi merupakan metode ekstraksi yang terjadi pengulangan penambahan pelarut setelah dilakukan penyaringan maserat yang pertama, dan seterusnya. Pelarut kedua ditambahkan sebanyak penambahan pelarut pertama.

Penambahan pelarut baru pada proses remaserasi dapat membantu melarutkan metabolit sekunder yang masih tertinggal pada simplisia. Ekstraksi dihentikan ketika tidak ada perubahan warna pada pelarut. Kondisi ini menunjukkan bahwa metabolit sekunder pada simplisia sudah terekstrak secara keseluruhan (Widiyantoro dan Harlia, 2020).

Keuntungan metode maserasi adalah dapat juga menghindari risiko rusaknya senyawa-senyawa dalam tanaman yang bersifat termolabil. Selain beberapa keuntungan yang dipunyai pada metode maserasi, ada pula kerugian dari metode maserasi ini, yaitu membutuhkan proses yang lama, pelarut yang digunakan cukup banyak, dan besar kemungkinan beberapa senyawa dapat hilang, dikarenakan beberapa senyawa mungkin akan sulit diekstraksi pada suhu kamar (Asworo & Widwiasuti, 2023).

3.5.2 Perkolasi

Perkolasi adalah proses ekstraksi di mana simplisia yang sudah diserbuk, diekstraksi dengan pelarut yang cocok dengan cara dilewatkan secara perlahan-lahan pada suatu kolom atau alat perkolator (wadah silinder yang dilengkapi dengan kran pada bagian bawahnya) (Hujjatusnaini et al, 2021). Perkolasi merupakan ekstraksi dengan menggunakan pelarut yang selalu baru yang dilakukan pada suhu ruangan. Perkolasi bertujuan supaya zat aktif tertarik secara keseluruhan dan biasanya dilakukan untuk zat aktif khususnya yang tidak tahan pemanasan. Prinsip perkolasi yaitu serbuk simplisia diletakkan pada suatu perkolator, yang bagian bawahnya diberi sekat berpori.

Pelarut dialirkan dari atas ke bawah melalui serbuk simplisia, maka pelarut akan melarutkan zat aktif sel-sel yang dilalui sampai mencapai keadaan jenuh dan dibiarkan menetes perlahan pada bagian bawah. Gerakan ke bawah disebabkan oleh kekuatan gaya beratnya sendiri dan cairan yang ada di atasnya, dikurangi dengan daya kapiler yang cenderung untuk menahan. Kekuatan yang berperan pada metode perkolasi antara lain: gaya berat, kekentalan, daya larut, tegangan permukaan, difusi, osmosis, adesi, daya kapiler dan daya geseran. Cara ini memerlukan waktu lebih lama, pelarut yang lebih banyak, dan jika sampel dalam perkolator tidak homogen maka pelarut akan sulit menjangkau seluruh area. Untuk meyakinkan perlokasi sudah sempurna, perkolat dapat diuji untuk membuktikan ada atau tidaknya metabolit sekunder dengan menggunakan pereaksi yang spesifik (Mukhtarini, 2014).

3.5.3 Refluk

Metode refluk merupakan salah satu metode ekstraksi panas dengan menggunakan pelarut yang bersifat volatil. Pada kondisi ini jika proses ekstraksi dilakukan pemanasan biasa, maka pelarut akan menguap sebelum reaksi berjalan sampai selesai. Prinsip metode ini adalah sampel dimasukkan bersama pelarut ke dalam labu yang dihubungkan dengan kondensor. Pelarut dipanaskan hingga mencapai titik didih. Uap akan masuk ke dalam kondensor, pelarut yang awalnya berbentuk uap akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi atau Labu Alas Bulat (LAB) sehingga pelarut tetap ada selama reaksi berlangsung. Untuk mengoptimalkan hasil penyarian, maka refluks umumnya dilakukan berulang-ulang (3-6 kali) terhadap residu pertama. Cara ini memungkinkan terjadinya penguraian senyawa yang tidak tahan panas (Hujjatusnaini et al, 2021).

3.5.4 Sokletasi

Sokletasi merupakan metode atau proses pemisahan zat aktif yang terdapat dalam simplisia dengan cara penyaringan berulang-ulang dengan menggunakan pelarut tertentu, sehingga zat aktif yang diinginkan akan terisolasi. Metode ini dilakukan dengan menempatkan serbuk simplisia ke dalam sarung selulosa (dapat digunakan kertas saring) atau yang disebut klonsong, kemudian ditempatkan di atas labu dan di bawah kondensor. Metode ini dilakukan pemanasan, sehingga uap yang timbul setelah masuk ke dalam kondensor akan turun kembali yang secara kontinyu akan membasahi sampel, secara teratur pelarut tersebut dimasukkan kembali ke dalam labu dengan membawa zat aktif yang akan diisolasi. Keuntungan dari metode ini adalah proses ekstraksi dilakukan secara kontinyu, sampel terekstraksi oleh pelarut hasil kondensasi sehingga tidak membutuhkan banyak pelarut dan tidak membutuhkan banyak waktu. Di samping itu, metode ini juga memiliki kerugian yaitu senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi karena ekstrak yang diperoleh terus-menerus berada pada titik didih (Mukhtarini, 2014)

3.5.5 Infundasi

Infundasi adalah sediaan cair yang dibuat dengan cara mengekstraksi simplisia nabati dengan pelarut air menggunakan suhu 90C selama 15 menit (Rachmawati & Suriawati, 2019).

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan apabila akan menggunakan metode infundasi, di antaranya adalah:

1. Adanya penambahan air ekstra, umumnya diperlukan penambahan air sebanyak 2 kali berat simplisia
2. Penyaringan dilakukan saat panas, kecuali untuk simplisia yang mengandung minyak atsiri, karena jika disaring saat panas, maka minyak atsiri yang terkandung dapat menguap dan berkurang kadarnya
3. Penyaringan pada simplisia yang mengandung lendir tidak boleh diperas.

3.5.6 Dekoktasi

Dekoktasi memiliki prinsip yang hamper sama dengan infundasi, perbedaannya terletak pada lama waktu ekstraksinya. Dekoktasi merupakan ekstraksi dengan cara perebusan menggunakan pelarut air, pada temperature 90-95°C selama 30 menit (Supriyadi & Fakhry, 2022).

3.5.7 Destilasi

Destilasi merupakan suatu proses ekstraksi untuk memisahkan zat aktif dari suatu campuran dua atau lebih cairan berdasarkan titik didih dari zat-zat penyusunannya. Senyawa yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Ada beberapa metode destilasi yaitu destilasi air, uap, dan uap air. Destilasi biasanya digunakan untuk mengekstraksi minyak esensial (campuran berbagai senyawa yang bersifat volatil). Selama pemanasan, uap akan terkondensasi dan destilat (terpisah sebagai 2 bagian yang tidak saling bercampur) ditampung dalam wadah yang terhubung dengan kondensor. Kerugian dari kedua metode ini adalah senyawa yang bersifat termolabil dapat terdegradasi dan rusak, karena adanya pemanasan dengan suhu tinggi (Mukhtarini, 2014).

3.5.8 Lawan Arah (Counter Current)

Cara ekstraksi ini serupa dengan cara perkolasi pada metode ekstraksi dingin, tetapi simplisia bergerak berlawanan arah dengan pelarut yang digunakan. Cara ini banyak digunakan untuk ekstraksi herbal dalam alat dan skala besar (Hujjatusnaini et al, 2021).

3.5.9 Ultrasonik

Ekstraksi dengan metode ultrasonik menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 20-2000 KHz, sehingga menyebabkan permeabilitas dinding sel meningkat dan isi sel keluar. Frekuensi getaran dapat memengaruhi hasil ekstraksi. Faktor ini yang menyebabkan proses ekstraksi dengan menggunakan gelombang ultrasonik menjadi lebih cepat dari metode konvensional. Medium yang dilewati akan mengalami getaran yang disebabkan oleh gelombang elektronik. Getaran yang diberikan gelombang ultrasonik otomatis akan memberikan pengadukan yang intensif terhadap proses ekstraksi (Sari et al, 2012)

3.5.10 Gelombang Mikro (Microwave Assisted Extraction, MAE)

Ekstraksi dengan menggunakan gelombang mikro (2450 MHz) merupakan salah satu metode ekstraksi yang selektif dan digunakan untuk senyawa yang dimiliki dipol polar. Keuntungan penggunaan ekstraksi dengan gelombang mikro yaitu dapat menghemat waktu ekstraksi dibandingkan dengan cara konvensional seperti maserasi, serta menghemat pelarut yang digunakan. Keuntungan yang lainnya yaitu gelombang mikro yang terdapat di microwave dapat meningkatkan suhu pelarut pada bahan, sehingga menyebabkan dinding sel pecah dan zat-zat yang terkandung di dalam sel keluar melarut pada pelarut, maka rendemen yang dihasilkanpun dapat meningkat (Yulianti et al, 2014).

3.5.11 Ekstraksi Gas Superkritis (Supercritical Gas Extraction, SGE)

Metode ekstraksi ini dilakukan dengan menggunakan karbondioksida (CO₂) bertekanan tinggi. Metode ini banyak digunakan untuk mengekstraksi minyak atsiri atau senyawa yang bersifat volatil atau termolabil. Penggunaan CO₂ lebih disukai karena bersifat inert dan toksisitasnya yang rendah. Teknologi superkritis CO₂ memakan waktu yang relatif cepat, efisien, dan selektivitas ekstraksi dapat dikontrol dengan densitas pelarut, biaya rendah, serta memberikan hasil ekstraksi yang lebih baik (Agustina et al, 2019).

3.6 Metode Isolasi dan Pemurnian Metabolit Sekunder

Isolasi metabolit sekunder merupakan tahapan yang digunakan untuk menemukan bahan alam dari tumbuhan yang memiliki aktivitas farmakologis. Isolasi merupakan proses pengambilan atau pemisahan senyawa bahan alam menggunakan pelarut yang sesuai. Beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dalam isolasi metabolit sekunder yaitu tahapan pemisahan senyawa berupa ekstraksi, fraksinasi dengan metode tertentu, pemurnian senyawa, dan identifikasi senyawa. Metode isolasi dan pemurnian senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan adalah teknik yang telah mengalami perkembangan dalam beberapa tahun terakhir. Tujuan isolasi dan pemurnian metabolit sekunder adalah menemukan metode yang tepat yang dapat menarik senyawa yang memiliki aktivitas seperti antioksidan, antibakteri, atau sitotoksitas. Metode *in vitro* merupakan metode yang lebih banyak digunakan daripada *in vivo* karena penelitian menggunakan hewan coba relatif mahal, membutuhkan lebih banyak waktu, dan adanya kontroversi etis terhadap hewan coba.

3.6.1 Fraksinasi

Fraksinasi adalah proses pemisahan metabolit sekunder dalam bentuk ekstrak menjadi fraksi-fraksi, atau dapat juga didefinisikan sebagai proses pemisahan senyawa melibatkan pembagian campuran menjadi beberapa fraksi. Beberapa fraksi dapat digolongkan berdasarkan dari kelarutan senyawa terhadap pelarut dengan tingkat kepolaran yang sama atau berdekatan. Fraksinasi senyawa dapat dilakukan menggunakan metode kromatografi. Metode kromatografi memiliki prinsip kerja di mana distribusi dari komponen-komponen campuran tersebut antara fase gerak berupa pelarut yang berfungsi membawa senyawa dengan kepolarannya sama melewati fase diam yang berfungsi sebagai adsorben. Syarat bahan dapat digunakan menjadi adsorben adalah bahan bersifat inert dan tidak bereaksi dengan sampel atau fase gerak dan tidak larut dalam fase gerak contohnya silika, selulosa, stirena, divinilbenzena, alumina, dan karbon (J.P.Cannell, 1998).

Tahapan fraksinasi umumnya menggunakan metode kromatografi kolom (KKG), kromatografi lapis tipis (KLT), *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC), dan *Gas Chromatography* (GC). Pemurnian dan identifikasi senyawa merupakan tahapan akhir dalam teknik isolasi dan efektif

untuk pemurnian senyawa metabolit sekunder yaitu kristalisasi dan rekristalisasi. Teknik kromatografi kolom digunakan untuk proses isolasi dan pemurnian senyawa bioaktif. Adapula instrumen yang telah dikembangkan seperti *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC) yang digunakan untuk mempercepat proses pemurnian molekul bioaktif. Dilanjutkan dengan identifikasi senyawa yang telah dimurnikan dapat menggunakan teknik spektroskopi seperti *UV-visible*, *Infrared* (IR), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), dan spektroskopi massa. Banyak molekul bioaktif yang telah diisolasi dan dimurnikan menggunakan metode Kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi kolom.

3.6.2 Kromatografi Lapis Tipis

Kromatografi lapis tipis (KLT) merupakan metode analisa yang digunakan untuk memisahkan campuran senyawa dengan tepat dan sederhana. Pemisahan yang terjadi pada KLT berdasarkan prinsip adsorpsi, partisi atau kombinasi, tergantung pada jenis lempeng (fase diam) dan gerak yang digunakan. Pada umumnya, KLT digunakan dengan tujuan untuk identifikasi senyawa karena metode ini sederhana dan mudah, serta memberikan pilihan fase gerak yang lebih beragam. Manfaat lainnya adalah untuk analisa kuantitatif dan isolasi skala kecil. Lempeng kaca atau aluminium digunakan sebagai fase diam. Fase gerak akan bergerak di sepanjang fase diam dan terbentuklah kromatogram, yang dikenal juga sebagai kromatografi kolom terbuka.

Pada fase diam pada dasarnya jenis padatan yang digunakan yaitu:

1. Silica gel: asam amino, alkaloid, asam lemak dan lain-lain,
2. Alumina: alkaloid, zat warna, fenol dan lainnya,
3. Selulosa: asam amino, alkanoid dan lain-lain.

Komponen KLT yaitu fase diam dan fase gerak selalu digunakan secara bersama ketika proses kromatografi sedang berjalan melalui kesetimbangan yang melibatkan lapisan adsorben, pelarut, dan uap pelarut.

Syarat pelarut yang dapat digunakan dalam KLT yaitu:

1. Pelarut harus dalam bentuk yang sangat murni dan harganya terjangkau
2. Inert dan tidak bereaksi dengan komponen dalam sampel maupun material pada fase diam

3. Memiliki viskositas dan tegangan permukaan sesuai kriteria
4. Memiliki titik didih yang rendah untuk memudahkan pengeringan setelah selesai proses KLT
5. Mempunyai kelarutan yang baik pada berbagai campuran solvent
6. Tidak beracun dan mudah penanganan limbahnya

Bagian-bagian dari alat kromatografi lapis tipis antara lain:

1. Lempengan kromatologi,
Lempeng terbuat dari aluminium atau kaca dengan ukuran standar 20 x 20 cm, tebal lapisan 0,10-0,25 mm. Lempeng yang siap digunakan banyak tersedia di pasaran, atau dapat disiapkan sendiri. Untuk keperluan preparatif, lempeng yang dipakai atau digunakan memiliki ketebalan lapisan hingga 1 mm.
2. Rak penyimpanan
Rak penyimpanan berfungsi untuk meletakkan fase diam apabila memerlukan pemanasan untuk mengaktifkan fase diam.
3. Bejana Kromatografi.
Bejana ini diperuntukkan meletakkan fase diam dalam posisi tegak, bagian bawahnya datar, tempat sejumlah fase gerak, sedangkan bagian atasnya dapat ditutup dengan rapat. Ukuran bejana yang akan digunakan disesuaikan dengan ukuran lempeng yang digunakan. Sebelum proses KLT dilakukan, memerlukan penjenjuran bejana terlebih dahulu yang bertujuan untuk memperoleh pemisahan yang baik.
4. Mikro pipet (micro-syringe).
Mikro pipet digunakan untuk menotolkan larutan sampel dan larutan pembanding dalam jumlah yang dihendaki, contohnya 10 atau 20 μ l, dan volume lainnya.
5. Alat penyemprot larutan deteksi.
Alat ini umumnya terbuat dari kaca dan digunakan untuk menyemprotkan pereaksi atau larutan deteksi ke lempeng atau fase diam. Larutan yang keluar dalam bentuk butir-butir halus.

6. Lampu UV

Lampu UV digunakan untuk melakukan pengamatan hasil KLT pada panjang gelombang 254 nm dan atau 366 nm (Hujjatusnaini et al, 2021)

3.6.3 Kromatografi Kolom

Kromatografi kolom merupakan salah satu metode pemisahan senyawa yang masih sering digunakan. Senyawa yang dipisahkan menggunakan kromatografi kolom memiliki prinsip kerja yang sama dengan metode kromatografi lainnya yaitu berkaitan dengan perbedaan antara gaya-gaya antar molekul dalam sampel dengan fase gerak dan antara komponen dengan fase diam. Kromatografi kolom dilakukan berdasarkan adsorpsi senyawa pada suatu campuran yang memiliki afinitas berbeda-beda pada permukaan fase diam atau penjerap. Fase gerak yang dialirkan akan melarutkan dan membawa komponen-komponen dalam campuran dengan kecepatan yang berbeda sesuai dengan afinitas masing-masing komponen terhadap penjerap.

Kromatografi kolom biasanya digunakan untuk memisahkan suatu campuran senyawa dalam jumlah relatif banyak, tergantung diameter dan panjang kolom yang digunakan. Hal yang dapat memengaruhi keberhasilan pemisahan dengan menggunakan kromatografi kolom adalah pemilihan adsorben dan eluen atau pelarut yang tepat, dimensi kolom yang digunakan serta kecepatan elusinya. Kecepatan laju alir atau elusi sebaiknya dibuat konstan. Kecepatan laju alir tersebut harus cukup lambat agar senyawa berada dalam keseimbangan antara fase diam dan fase gerak. Kolom konsentrasi pada fase gerak dan fase diam akan menyebar secara homogen walau masih bergantung pada sifat fika dan kimia masing-masing komponen.

Peralatan yang digunakan dalam kromatografi kolom, antara lain:

1. Tabung atau kolom kaca yang mempunyai ukuran tertentu dan lubang untuk keluarnya fase gerak setelah melewati fase diam. Kecepatan alir fase gerak dapat diatur menyesuaikan dengan kebutuhan. Kolom berisi fase diam yang sudah siap digunakan dan terendam dalam suatu pelarut organik.
2. Besar dan volume tempat penampungan fase gerak yang keluar yang digunakan harus disesuaikan dengan setiap volume yang dikehendaki.

3. Alat kromatografi lapis tipis (KLT) yang digunakan untuk mendeteksi senyawa harus berada dalam tempat penampung (Hujjatusnaini et al, 2021).

3.6.4 Kromatografi Gas-Cair

Kromatografi gas merupakan metode yang digunakan untuk pemisahan campuran berdasarkan perbedaan koefisien partisi dari senyawa yang diuapkan antara fase cair dan fase gas yang dilewatkan dalam kolom dengan bantuan gas. Kromatografi gas-cair (gas liquid chromatography) menggunakan fase diam berupa lapisan tipis zat cair pada zat padat yang inert, sedangkan kromatografi gas-padat (gas solid chromatography) menggunakan fase diam berupa zat padat yang aktif, seperti alumina dan silika gel. Senyawa yang mudah menguap akan masuk ke dalam kolom, kemudian terdistribusi pada fase gas dan fase cair atau padat, resolusi pada kromatografi gas ditentukan oleh efisiensi kolom dan fase gerak. Kolom memengaruhi lebar puncak, dan pelarut menentukan letak puncak kromatogram. Penggunaan kromatografi gas untuk identifikasi suatu senyawa harus disertai dengan larutan pembanding yang memiliki waktu retensi yang sama dengan senyawa yang dianalisis. Analisa kuantitatif dilakukan dengan menggunakan ukuran luas puncak.

Peralatan yang digunakan pada kromatografi gas dan cair, antara lain:

1. Silender.
Merupakan tempat gas pembawa atau fase gerak, yang dilengkapi dengan katup pengatur tekanan, seperti helium, nitrogen atau gas inert lain.
2. Injektor atau alat suntik
Digunakan untuk memasukkan sampel ke dalam kolom. Supaya sampel berbentuk uap, maka tempat penyuntikan harus dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu yang cukup tinggi agar cepat terjadi penguapan, tetapi jangan menggunakan suhu yang terlalu tinggi sehingga tidak menyebabkan bahan terurai.
3. Kolom
Terbuat dari kaca atau logam yang tahan karat, ditempatkan pada kotak pemanas yang suhunya dapat diatur dan dipertahankan dalam waktu tertentu. Pengaturan suhu bertujuan agar eluasi senyawa

berjalan dengan efisien sehingga komponen senyawa dapat keluar dari kolom secara terpisah.

4. Alat alir gas

Alat ini difungsikan untuk mengatur laju alir fase gerak. Laju alir gas yang keluar dari kolom dihitung, dan umumnya dinyatakan dalam ml/menit pada tekanan atmosfer dan suhu kamar.

5. Detektor

Detektor haruslah dipilih yang memiliki kepekaan tinggi dan selektif. Umumnya digunakan detektor ionisasi nyala dengan gas fase gerak helium atau nitrogen (Hujjatusnaini et al, 2021).

3.6.5 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

High Performance Liquid Chromatography (HPLC) atau Kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) yaitu alat yang digunakan dalam pemisahan, sebagai hasil proses partisi, adsorpsi, atau penukaran ion, tergantung pada jenis fase diam yang digunakan. HPLC merupakan alat yang memiliki kepekaan tinggi, serta dapat digunakan untuk analisa kualitatif dan kuantitatif secara bersamaan. Teknologi kolom ini memerlukan sistem pompa tekanan tinggi yang mampu mengalirkan fase gerak pada tekanan tinggi hingga 300 atmosfer. Jumlah sampel yang akan dipisahkan dengan kromatografi hanya memerlukan sekitar 20 µg. Prinsip identifikasi senyawa menggunakan KCKT pada dasarnya sama dengan yang digunakan pada kromatografi gas. Pada KCKT diperlukan fase gerak berkualitas tinggi dan sebaiknya sebelum dipakai, harus dihilangkan terlebih dahulu kandungan gas yang mungkin terkandung di dalamnya. Jenis dan komposisi fase gerak memengaruhi kinerja kromatografi dan resolusi senyawa dalam campuran bahan uji.

Selama proses pemisahan berlangsung, komposisi pelarut dapat diubah secara berkesinambungan atau yang disebut juga dengan eluasi gradien atau pengaturan pelarut. Kelebihan dari metode HPLC adalah mampu memisahkan suatu senyawa dari suatu campuran, mudah dalam pengerjaannya, kecepatan analisa dan kepekaan yang tinggi, dapat menghindari terjadinya dekomposisi atau kerusakan sampel yang akan dianalisis, resolusinya baik, dapat menggunakan bermacam-macam detektor, kolom dapat digunakan kembali, dan mudah melakukan “sample recovery”.

Peralatan yang digunakan dalam kromatografi cair kinerja tinggi (Hujjatusnaini et al, 2021), antara lain:

1. Pompa

Digunakan untuk mengalirkan fase gerak dari tempatnya ke dalam kolom dengan pipa yang memiliki tekanan tinggi. Umumnya tekanan hingga 5000 psi dengan laju alir yang dapat disesuaikan, kurang lebih 10 ml/menit.

2. Injektor

Alat ini merupakan tempat untuk memasukkan larutan sampel, dapat dioperasikan secara manual atau otomatis. Larutan sampel harus disaring terlebih dahulu sebelum disuntukkan ke injektor.

3. Kolom

Kolom memiliki ukuran diameter 2-5 mm dan berisi fase diam. Ada dua jenis fase diam yaitu fase diam bersifat polar (fase normal) dan non polar (fase terbalik). Fase gerak merupakan campuran pelarut dengan polaritas tertentu yang dapat diatur sesuai keperluan, dengan cara mengubah komposisinya. Untuk tujuan preparatif, kolom yang digunakan mempunyai diameter lebih besar.

4. Detektor.

Spektrofotometer merupakan alat detektor yang umum digunakan. Alat ini terdapat pada bagian akhir kolom. Radiasi sinar uv akan melewati suatu sel menuju detektor. Sampel yang dianalisis setelah melewati kolom masuk ke dalam sel untuk menyerap radiasi, dan menghasilkan perubahan tingkat energi yang dapat diukur.

5. Pengumpul data.

Alat ini digunakan untuk mengumpulkan data yang merupakan kromatografi lengkap dengan tinggi dan luas puncak, identifikasi bahan uji dan variabel metode.

3.7 Rekrystalisasi

Rekrystalisasi merupakan senyawa organik yang berupa padatan hasil dari isolasi bahan alam dengan kemurnian yang relatif rendah. Umumnya senyawa ini masih mengandung senyawa lain yang jumlahnya lebih sedikit, yang dihasilkan selama proses isolasi. Proses pemurnian senyawa biasanya melalui tahapan rekrystalisasi dari pelarut yang sesuai atau campuran beberapa pelarut. Pemurnian senyawa padatan berdasarkan perbedaan kelarutan pada pelarut maupun campuran pelarut.

Proses rekrystalisasi (J.P. Cannell, 1998) terdiri dari beberapa tahap di antaranya yaitu:

1. Melarutkan bahan dalam pelarut yang sesuai hingga larut sempurna, dapat juga dibantu dengan pemanasan.
2. Dinginkan atau ditetesi dengan pelarut yang tidak melarutkan senyawa agar mendapatkan kristal kembali yang terpisah dari larutan induk. Proses ini dilakukan berulang-ulang menggunakan pelarut baru sampai didapatkan senyawa dalam keadaan murni.

Jika bahan tidak dapat melarut dalam satu pelarut maupun beberapa pelarut, maka campuran beberapa pelarut dengan komposisi tertentu dapat digunakan dengan catatan pelarut ini harus saling larut. Selanjutnya padatan hasil rekrystalisasi dikeringkan dan dilakukan uji kemurnian menggunakan penentuan titik leleh, uji KLT dengan 3 campuran eluen yang berbeda, kemudian dilakukan penentuan struktur dengan metode spektroskopi.

Bab 4

Analisis Metabolit Sekunder

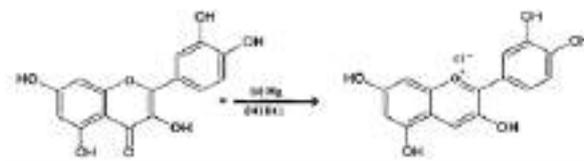
4.1 Penapisan Fitokimia

Penapisan fitokimia dengan metode kualitatif merupakan metode penapisan fitokimia yang dilakukan dengan melihat reaksi pengujian warna dengan menggunakan suatu pereaksi warna. Menurut Yuhernita dan Juniarti (2011), hal utama yang berperan penting dalam penapisan fitokimia adalah pemilihan pelarut dan metode ekstraksi. Penapisan fitokimia dapat dilakukan terhadap beberapa senyawa metabolit sekunder sesuai dengan tujuan pengujian.

4.1.1 Identifikasi Flavonoid

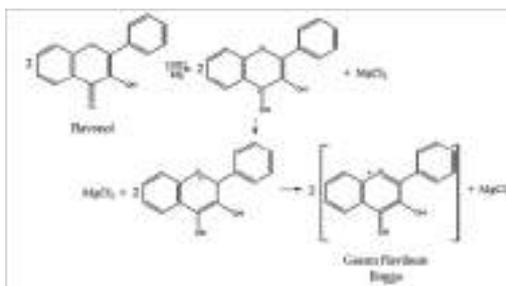
Identifikasi flavonoid senyawa metabolit sekunder dapat dilakukan menggunakan beberapa pengujian, antara lain uji reagen alkalin dan uji Shinoda. Uji Alkalin dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH dan HCl, sednagkan uji Sinoda dilakukan dengan menambahkan alkohol, logam magnesium, dan larutan HCl. Uji reagen alkalin dan Shinoda akan menghasilkan perubahan warna yang spesifik untuk menunjukkan keberadaan senyawa tersebut.

Reaksi 1:



Gambar 4.1: Mekanisme Reaksi Uji Shinoda Senyawa Flavonoid (Goud and Poornima, 2018)

Reaksi 2:

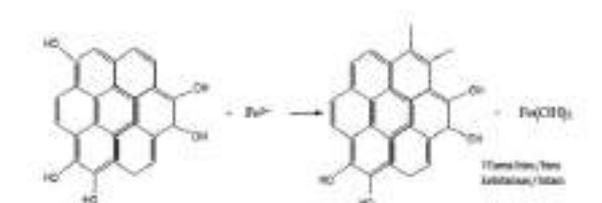


Gambar 4.2: Mekanisme Reaksi Flavonol pada Uji Shinoda (Tandi et al., 2020)

4.1.2 Identifikasi Tanin

Identifikasi tanin dilakukan dengan penambahan reagen ferri klorida dan pengujian dengan reagen NaOH. Pada penambahan reagen ferri klorida akan menghasilkan tanin terhidrolisa yang berwarna warna biru atau biru hitam, sedangkan reagen NaOH akan menghasilkan pembentukan emulsi dari tanin terhidrolisa tersebut.

Reaksi:



Gambar 4.3: Reaksi uji FeCl₃ senyawa Tanin (Surtina et al., 2019)

4.1.3 Identifikasi Fenolik

Identifikasi fenolik juga dapat dilakukan dengan penambahan reagen ferri klorida. Hasil positif adanya senyawa fenolik akan memberikan warna hijau tua atau biru kehitaman.

Reaksi:

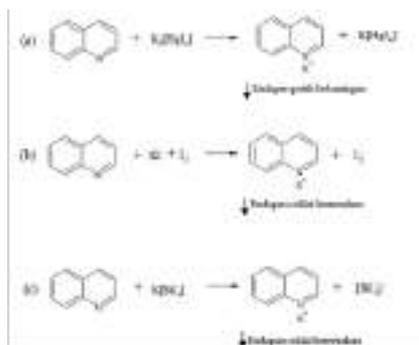


Gambar 4.4: Reaksi uji FeCl_3 senyawa fenolik (Goud and Poornima, 2018)

4.1.4 Identifikasi Alkaloid

Identifikasi alkaloid senyawa metabolit sekunder dapat dilakukan menggunakan beberapa pengujian, antara lain uji Dragendorff, uji Mayer, uji Hager, uji Wagner, uji Iodin, uji Asam Pikrat, uji Asam Tanat. Masing-masing pengujian menghasilkan perubahan warna yang spesifik sesuai reagen yang digunakan (Shaikh and Patil, 2020).

Reaksi:



Gambar 4.5: Reaksi senyawa alkaloid dengan Reagen Mayer (a), Wagner (b), Dragendorff (c) (Hanifa et al., 2021)

4.1.5 Identifikasi Terpenoid

Identifikasi senyawa terpenoid dengan uji Salkowski dilakukan dengan menambahkan pelarut kloroform dan reagen asam sulfat. Adanya senyawa terpenoid ditandai dengan pembentukan endapan berwarna merah kecoklatan (Kumar et al., 2020).

4.1.6 Identifikasi Saponin

Identifikasi saponin dilakukan dengan menambahkan air pada ekstrak, kemudian digojok beberapa saat sampai menghasilkan busa homogen. Pengujian lain senyawa saponin dapat ditambahkan dengan olive oil yang ditandai dengan pembentukan emulsi (Anulika et al., 2016).

Tabel 4.1: Prosedur uji kualitatif senyawa metabolit sekunder

Parameter	Prosedur Uji	Perubahan
Flavonoid	Uji Alkaline	
	Filtrat + 2% NaOH + HCl	Kuning (hilang setelah penambahan asam)
	Filtrat + Larutan NH ₄ OH	Fluoresense kuning
	Uji Shinoda	
	Filtrat + Alkohol + Mg + HCl	Merah muda
Alkaloid	Uji Dragendorf	
	Filtrat + Reagen Dragendorf	Endapan merah kecoklatan
	Uji Mayer	
	Filtrat + Reagen Mayer	Endapan krem/kuning
	Uji Wagner	
	Filtrat + Reagen Wagner	Endapan coklat/merah
Tanin	Filtrat + air panas + FeCl ₃	Biru kehitaman/hijau kecoklatan
	Filtrat + NaOH	Emulsi Tanin terhidrolisa
Fenolik	Filtrat + FeCl ₃	Hijau tua/Biru kehitaman
Saponin	Filtrat/ekstrak + air (digojok 15 menit)	Busa homogen
Terpenoid	Filtrat + CHCl ₃ + H ₂ SO ₄	Lapiran atas: Merah
		Lapisan bawah: Kuning-Hijau

4.2 Kromatografi Lapis Tipis dan Kertas

4.2.1 Pengertian Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan Kromatografi Kertas (KK)

Kromatografi Lapis Tipis dan Kromatografi Kertas merupakan salah satu jenis kromatografi yang masih banyak digunakan, merupakan suatu teknik pemisahan secara fisika komponen-komponen berdasarkan dua fase, yaitu fase gerak (mobile phase) dan fase diam (stationary phase). Kromatografi Lapis Tipis dan Kromatografi Kertas merupakan jenis kromatografi planar, yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu sampel. Prinsip pemisahan yang terjadi pada teknik KLT dan KK mempunyai persamaan adalah adanya distribusi differential komponen sampel di antara fase diam dan fase gerak, berdasarkan sifat kepolaran dari sampel tersebut.

4.2.2 Fase Diam dan Fase Gerak yang digunakan

1. Fase Diam

Pemilihan fase diam pada KLT didasarkan pada sifat fisika kimia komponen sampel yang akan dipisahkan meliputi polaritas, kelarutan, kemampuan mengion, berat molekul, bentuk dan ukuran analit. Sifat fisika kimia tersebut berperan penting dalam menentukan mekanisme pemisahan dalam KLT. Sorben fase diam pada KLT dapat berupa senyawa anorganik maupun organik. Sorben anorganik misalnya alumunium oksida, silikon oksida, magnesium karbonat, kalsium karbonat, dan lain-lain. Sedangkan sorben organik misalnya pati dan selulosa. Partikel-partikel sorben berbentuk butiran halus tersebut dilapiskan pada penyangga padat seperti pelat kaca, plastik atau alumunium. Silika gel adalah sorben yang paling populer (64%), diikuti oleh selulosa (9%), dan alumina (3%). Fase diam pada Kromatografi Kertas menggunakan air yang terikat pada selulosa kertas.

2. Fase Gerak

Pemilihan Fase gerak yang digunakan pada KLT dan KK mempunyai prinsip yang sama, yaitu menggunakan campuran 2 atau lebih pelarut

yang mempunyai tingkat kepolaran yang berbeda-beda. Eluen juga harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Memiliki kemurnian yang tinggi
- b. Stabil
- c. Memiliki viskositas rendah,
- d. Memiliki partisi isothermal yang linier,
- e. Tekanan uap yang tidak terlalu rendah atau tidak terlalu tinggi,
- f. Toksisitas serendah mungkin

Dalam pemilihan fase gerak bisa dipilih berdasarkan pustaka, bisa juga dengan dilakukan optimasi, mencoba-coba dua pelarut yang berbeda-beda kepolarannya, sehingga didapatkan hasil R_f berkisar antara 0,2-0,8. Beberapa jenis pelarut yang sering digunakan sebagai fase gerak pada KLT dan KK adalah: *Heksana, Isobutanol, Etanol, etilasetat, kloform, toluene, isopropanol*. Sistem fase gerak dalam KLT biasanya menggunakan dua pelarut atau lebih, seperti BAA (n-Butanol:Asam asetat: Air) untuk pemisahan senyawa flavonoid pada crude ekstrak (Ebere et al., 2019).

4.2.3. Tahapan Prosedur pada Analisis dengan KLT dan KK

Pada metode analisis KLT, beberapa persiapan harus dipenuhi untuk mendapatkan hasil pemisahan sampel yang baik meliputi preparasi sampel, penanganan lempeng KLT, penanganan eluen, penanganan chamber tempat elusi, aplikasi sampel, proses pengembangan sampel dan evaluasi noda.

1. Preparasi Sampel

Sebelum melakukan preparasi sampel terlebih dahulu ditentukan jenis sampel dan sifat fisika kimia analit yang akan dianalisis. Prinsip dari preparasi yang dilakukan adalah agar diperoleh sampel dalam keadaan terlarut dan jernih. Pelarut yang digunakan diusahakan merupakan pelarut yang mudah menguap, agar setelah penotolan akan segera kering. Jika sampel yang digunakan belum dalam keadaan terlarut, maka dapat dilakukan penggojokan sehingga terpisah filtrat dan residunya, sedangkan untuk mendapatkan sampel yang jernih maka perlu dilakukan proses penyaringan.

2. Penanganan Lempeng KLT dan Kertas KK

Sebelum menggunakan lempeng KLT, pastikan dulu jenis lempeng yang digunakan, sehingga tidak terjadi kesalahan penanganan lempeng. Lempeng KLT bersifat rapuh dan harus ditangani dengan benar mulai dari pembukaan kemasan sampai ke tahap dokumentasi. Pendukung sorben yang paling umum digunakan pada lempeng KLT adalah aluminium foil, film plastik dan piring kaca. Lempeng tersebut digunakan untuk berbagai tujuan dan penanganan masing-masing jenis pendukung sorben berbeda-beda. Film plastik jarang digunakan karena tidak tahan pemanasan. Pendukung sorben yang banyak digunakan adalah aluminium foil. Sebelum digunakan, lempeng KLT harus dilakukan proses pencucian, pengaktifasian, pengkondisian serta impregnasi (tergantung dari jenis sampel yang dianalisis). Pemotongan lempeng KLT dan Kertas Saring untuk KK, dapat menggunakan gunting. Pada saat menggunting, jangan memegang bagian atas (sorben), karena akan menyebabkan kontaminasi pada lempeng KLT. Ukuran lempeng yang digunakan disesuaikan dengan ukuran chamber yang akan digunakan. Lempeng KLT dan kertas yang digunakan diberikan tanda batas bawah, sebagai titik penotolan sampel dan batas atas sebagai batas pengembangan (elusi) fase gerak.

3. Penanganan Fase Gerak

Pemilihan fase gerak yang tepat dapat dilakukan melalui optimasi, terhadap beberapa pelarut yang akan digunakan. Setelah ditemukan fase gerak yang sesuai, yang menghasilkan nilai R_f 0,2-0,8, serta dapat memisahkan sampel yang terdiri lebih dari satu dengan baik (yang ditandai efisiensi kromatogram yang dihasilkan), maka langkah selanjutnya adalah melakukan penjenuhan chamber dengan fase gerak yang telah ditentukan. Penjenuhan chamber bertujuan untuk menyamaratakan tekanan uap dari fase gerak yang digunakan sehingga pemisahan dapat berjalan dengan baik.

Penjenuhan chamber dilakukan dengan melapisi dinding bagian dalam chamber kromatografi dengan kertas saring, sekurang-

kurangnya setengah keliling chamber dan kertas saring hampir mencapai bagian atas bejana. Hal lain yang harus diperhatikan didalam penyiapan fase gerak ini adalah menyiapkan chamber yang digunakan, harus dalam keadaan kering (bebas dari air) dan bersih (bebas dari kotoran). Adanya pengotor dan air dalam chamber akan mengganggu kromatogram yang dihasilkan dan memengaruhi reproduibilitas pemisahan KLT.

4. Penotolan Sampel

Penotolan sampel sangat berpengaruh terhadap hasil KLT. Pemisahan pada kromatografi lapis tipis yang optimal akan diperoleh hanya jika menotolkan sampel dengan ukuran bercak sekecil dan sesempit mungkin. jika sampel yang digunakan terlalu banyak maka akan menurunkan resolusi dan akan menyebabkan tailing (bercak yang berekor). Aplikasi sampel pada sorben lempeng KLT dapat dilakukan secara manual dengan peralatan sederhana dan dapat juga dengan peralatan otomatis. Semakin tepat posisi penotolan dan kecepatan penotolan semakin baik kromatogram yang dihasilkan. Aplikasi sampel secara otomatis dapat memperbaiki kualitas penotolan sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penotolan sampel secara otomatis lebih dipilih daripada penotolan secara manual terutama jika sampel yang akan ditotolkan lebih dari 15 μ l. Penotolan sampel yang tidak tepat akan menyebabkan bercak menyebar dan puncak ganda. Volume sampel yang ditotolkan paling sedikit 0,5 μ l untuk memperoleh reproduibilitas. Jika volume sampel yang ditotolkan lebih dari 2-10 μ l maka penotolan harus dilakukan secara bertahap dengan pengeringan antar totolan.

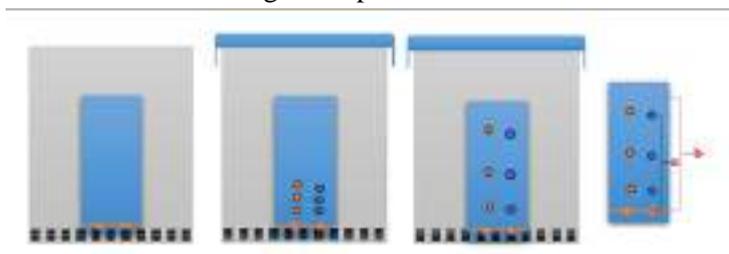
5. Elusi (Pengembangan)

Elusi atau pengembangan KLT dipengaruhi oleh chamber yang digunakan dan kejenuhan dalam bejana (chamber). Metode pengembangan yang dipilih tergantung tujuan analisis yang ingin dicapai dan ketersediaan alat di laboratorium. Metode elusi yang paling banyak digunakan adalah metode pengembangan satu dimensi linier. Metode pengembangan linier yang paling sering digunakan

adalah metode pengembangan menaik (ascending). Metode ini dilakukan dengan cara memasukkan eluen dalam chamber, setelah chamber jenuh, ujung lempeng bagian bawah direndam ke dalam eluen dalam chamber. Eluen bermigrasi dari bawah lempeng menuju keatas dengan gaya kapilaritas.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan didalam melakukan elusi secara menaik:

- a. Selama pengembangan, chamber harus berada diatas bidang yang datar, permukaan chamber juga harus sejajar (tidak miring), dan pastikan selama pengembangan tidak terganggu oleh hal-hal yang tidak diinginkan.
- b. Selama pengembangan, dalam keadaan apapun tidak diperkenankan menggerakkan chamber untuk mengamati proses pengembangan
- c. Selama pengembangan juga tidak diperkenankan membuka tutup chamber untuk melihat garis depan eluen



Gambar 4.6: Elusi senyawa metabolit pada KLT

6. Deteksi Bercak

Hasil yang diperoleh pada metode KLT dan KK setelah proses elusi adalah berupa bercak pada Lempeng KLT dan Kertas yang digunakan. Bercak yang didapatkan dapat berupa bercak yang berwarna maupun tidak berwarna sesuai dengan sampel yang dianalisis. Pada deteksi bercak yang berwarna, dapat langsung diketahui secara visualisasi langsung, sedangkan pada deteksi bercak yang tidak berwarna, deteksi bercak dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

a. Menggunakan bahan ber-fluoresensi

Lempeng KLT biasanya ditambahkan bahan yang dapat menghasilkan fluoresensi (pendaran). Ketika lempeng disinari dengan lampu UV (ultraviolet) akan menyebabkan lempeng tersebut berpendar. Pada saat lempeng tersebut berpendar, bercak-bercak terlihat gelap dan selanjutnya bercak-bercak tersebut dapat ditandai sebagai hasil elusi KLT. Sinar UV yang digunakan pada analisis bercak adalah UV254 dan UV366 nm.

b. Penunjukkan bercak secara kimia

Langkah lain yang dapat dilakukan untuk menegaskan bercak hasil elusi dapat menggunakan penampak bercak dari reagen kimia. Reagen kimia ini sering digunakan untuk menegaskan bercak hasil KLT senyawa metabolit sekunder secara spesifik seperti flavonoid, alkaloid, fenolik, steroid, antraknon. Setelah proses elusi selesai, plat KLT dikeringkan kemudian disemprot dengan reagen kimia yang sesuai dengan senyawa metabolit sekunder yang diamati. Salah satu aplikasi penggunaan reagen kimia pada penegasan bercak adalah penggunaan sitoborat, H_2SO_4 , dan uap amoniak untuk flavonoid.

Reagen sitoborat digunakan untuk mendeteksi adanya senyawa flavonoid pada suatu sampel. Warna kuning yang terdeteksi pada ekstrak kasar, fraksi larut etanol, dan fraksi n-heksan yaitu diduga merupakan flavonoid jenis flavanon dan flavon yang terdapat pada rimpang temu kunci. Flavonoid menghasilkan peredaman fluoresensi pada sinar UV254 nm dan menunjukkan fluoresensi kuning, hijau, atau biru.

Penampakan noda lainnya menggunakan pereaksi semprot H_2SO_4 yang menghasilkan bercak berwarna coklat kehitaman. Hal tersebut berdasarkan kemampuan asam sulfat yang bersifat reduktor dalam merusak gugus kromofor dari zat aktif simplisia sehingga panjang gelombangnya akan bergeser ke arah yang lebih panjang (UV menjadi Vis) sehingga noda menjadi tampak oleh mata. Selain reagen sitoborat dan H_2SO_4 , penampakan noda

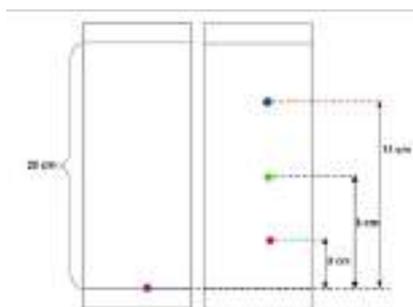
pada flavonoid dapat menggunakan uap amoniak. Hal ini sesuai dengan teori bahwa noda yang tampak setelah diberi perlakuan diuapi dengan amoniak akan terbentuk noda dengan fluoresensi kuning, biru lembayung, kuning redup, kuning pucat, hijau kehitaman, jingga, dan merah.

Tabel 4.2: Pereaksi bercak beberapa senyawa metabolit sekunder

No.	Jenis Pereaksi	Senyawa
1	Dragendrof	Alkaloid
2	Liebarman Burchard	Steroid
3	KOH 10% metanolik	Antrakinon
4	Sitoborat	Flavonoid
5	$AlCl_3$	Fenolik

7. Interpretasi Hasil Analisis dengan Metode KLT dan KK

Analisis dengan metode KLT dan KK dapat digunakan untuk tujuan analisis kualitatif maupun analisis kuantitatif. Interpretasi hasil analisis menggunakan bercak yang diperoleh setelah proses elusi. Bercak yang diperoleh diolah lebih lanjut, berdasarkan tujuan analisis yang diinginkan.



Gambar 4.7: Interpretasi Hasil Spotting Sampel yang Dianalisis

8. Analisis Kualitatif

Pada analisis kualitatif, bercak yang diperoleh dilakukan perhitungan lebih lanjut yang dinamakan dengan nilai R_f (Retardation Factor). Nilai R_f ini digunakan sebagai nilai perbandingan relatif antar sampel. Selain itu, nilai R_f juga digunakan sebagai derajat resisten

sebuah komponen dalam fase diam sehingga nilai Rf juga sering disebut dengan faktor retensi. Rumus menghitung nilai Rf yaitu:

$$R_f = \frac{\text{Jarak tempuh analit}}{\text{Jarak tempuh eluen}}$$

Semakin besar nilai Rf sampel maka semakin besar jarak gerak senyawa pada plat kromatografi lapis tipis. Ketika membandingkan dua sampel berbeda di kondisi kromatografi yang sama, nilai Rf akan besar jika senyawa kurang polar dan berinteraksi dengan adsorben polar dari plat kromatografi tersebut. Faktor-faktor yang menyebabkan nilai Rf bervariasi meliputi dimensi dan jenis ruang, sifat dan ukuran lempeng, arah aliran fase gerak, volume dan komposisi fase gerak, kondisi kesetimbangan, kelembaban, dan metode persiapan sampel KLT sebelumnya.

Setelah didapatkan hasil Rf, maka kesimpulan adanya kandungan suatu senyawa dalam sampel dilakukan dengan cara:

a. Analisis menggunakan Larutan Baku

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan nilai Rf sampel, dibandingkan dengan nilai Rf baku yang digunakan. Nilai Rf bisa dijadikan bukti untuk mengidentifikasi senyawa. Jika identifikasi Rf sampel dan baku bernilai sama maka senyawa tersebut dikatakan mempunyai karakteristik yang sama/mirip. Sebaliknya, jika nilai Rf berbeda berarti senyawa yang berbeda.

b. Analisis tidak menggunakan Larutan Baku

Analisis ini dilakukan dengan membandingkan nilai Rf sampel, dibandingkan dengan Rf yang terdapat pada pustaka (Jurnal atau Handbook) sebagai acuan. Nilai Rf yang dihasilkan harus sama atau mendekati dengan Rf yang terdapat pada pustaka tersebut. Syarat untuk menggunakan pustaka sebagai acuan Rf, maka kondisi percobaan (jenis fase gerak, volume chamber), harus sama dengan yang ada pada pustaka tersebut.

c. Analisis Kuantitatif

Beberapa metode yang digunakan untuk tujuan analisis kuantitatif adalah sebagai berikut:

- 1) Metode langsung
Untuk analisa kuantitatif yang sederhana berupa perbandingan visual intensitas noda jumlah sampel dengan noda standar yang dikembangkan secara bersamaan.
- 2) Metode Ekstraksi Noda
Metode ini meliputi tahapan pengeringan lempeng, penandaan noda analit, memotong bagian lempeng yang mengandung analit, mengumpulkan sorben, ekstraksi analit dari sorben, dan pengukuran dengan dibandingkan standar secara mikroanalitikal, seperti absorpsi larutan atau spektrofotometri fluoresensi.
- 3) Metode KLT-Densitometri
Pada metode ini, lempeng KLT yang sudah dielusi langsung dianalisis menggunakan instrument Densitometer atau TLC scanner. Penentuan kualitatif analit KLT-Densitometri dilakukan dengan cara membandingkan R_f analit dan standar. Adapun parameter kuantitatif yang digunakan adalah tinggi puncak kurva densitometri dan area di bawah puncak kurva densitometri dari bercak yang didapatkan pada metode KLT. Densitometri merupakan analisis instrumental yang didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik dengan analit berupa bercak hasil KLT. Interaksi radiasi elektromagnetik dengan noda KLT yang ditentukan adalah absorpsi, transmisi, pantulan (refleksi) pendar fluor atau pemadaman pendar fluor dari radiasi semula. Densitometri juga merupakan metode penetapan kadar suatu senyawa pada lempeng kromatografi yang pengukurannya dilakukan dengan cara mengukur serapan analit di mana cahaya yang diukur dapat berupa cahaya yang dipantulkan atau diteruskan, pemadaman fluoresensi analit atau hasil reaksi analit (Gandjar and Rohman, 2007).

4.3 Analisis Kuantitatif

4.3.1 Analisis Kuantitatif secara Spektrofotometri

Analisis spektrofotometri merupakan analisis kimia yang didasarkan pada pengukuran intensitas warna larutan yang akan ditentukan konsentrasinya dibandingkan dengan larutan standar, yaitu larutan yang telah diketahui konsentrasinya. Penentuan konsentrasi didasarkan pada absorpsimetri, yaitu metode analisis kimia yang didasarkan pada pengukuran absorpsi (serapan) radiasi gelombang elektromagnetik. Metode spektrofotometri didasarkan pada absorpsi radiasi elektromagnetik. Cahaya ini merupakan radiasi yang sesuai dengan kepekaan mata manusia. akan menyusun cahaya putih. Cahaya putih akan meliputi seluruh spektrum ultraviolet sampai tampak pada panjang gelombang 200-800 nm.

Pada teknik spektrofotometri, cahaya dari sumber cahaya diuraikan dengan menggunakan prisma sehingga diperoleh cahaya monokromatis (cahaya dengan satu warna dan satu panjang gelombang) yang diserap oleh zat yang diserap oleh larutan dapat diukur. Hubungan antara konsentrasi dengan cahaya yang diserap dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer yang menyatakan "Pengurangan intensitas cahaya monokromatis yang melalui suatu larutan berwarna berlangsung secara eksponensial dan bergantung pada panjang larutan yang dilalui cahaya dan kadar zat dalam larutan. Teknik spektrofotometri telah lama digunakan sebagai suatu teknik yang handal untuk mendeteksi, identifikasi dan pengukuran kadar suatu senyawa kimia dalam larutan tertentu. Teknik ini didasarkan pada bahan kimia dapat menyerap dan menghantarkan cahaya. Suatu larutan mempunyai warna tertentu karena larutan ini dapat menyerap semua warna kecuali warna yang dapat ditangkap oleh mata.

Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrofotometer UV-Vis biasanya digunakan untuk molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini. Tetapi spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa

ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer.

Hukum Lambert-Beer akan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\log I_0/I = -k \cdot c \cdot l$$

Keterangan:

I: Intensitas cahaya keluar

I₀: Intensitas cahaya masuk

k: Konstanta yang didasarkan pada sifat zat dalam larutan

c: Konsentrasi zat tersebut

l: Panjang larutan yang dilalui cahaya

Pada alat spektrofotometer UV-Vis, sinar yang datang benar-benar diusahakan berupa sinar monokromatis dengan cara mempersiapkan kuvet sedemikian rupa, sehingga tidak ada sinar yang tertahan. Jika jalur sinar pada setiap bagian kuvet sama, maka nilai k untuk berbagai senyawa dalam berbagai larutan dan berbagai panjang gelombang dapat dihitung. Bila konsentrasi dalam mol/L, jarak tempuh cahaya dalam cm, maka nilai k disebut koefisien ekstinsi molar. Koefisien ekstinsi pada masing-masing alat dapat dihitung pada tabel indeks.

Kadar suatu zat dengan membuat satu atau rangkaian larutan standar dapat diperiksa. Sampel dengan jumlah sedikit digunakan satu larutan standar dan kadar zat ditentukan dengan cara membandingkan absorbansi standar (larutan baku) dengan absorbansi sampel. Sedangkan sampel dengan jumlah banyak ditentukan dengan membuat serangkaian larutan standar sehingga dapat dibuat suatu kurva kalibrasi standar. Dengan demikian, kadar sampel yang tidak diketahui dapat ditentukan dari kurva standar tersebut dengan menggunakan perhitungan regresi linier.

Syarat analisis menggunakan spektrofotometri UV-Vis:

1. Larutan yang dianalisis jernih (sampel UV) dan berwarna (sampel Visibel)
2. Sinar harus monokromatis
3. Larutan yang dianalisis tidak keruh atau mengandung partikel pengotor

4. Pelarut tidak bereaksi dengan sampel

Selain syarat-syarat tersebut dalam analisis spektrofotometri juga harus memperhatikan pelarut yang digunakan. Pemilihan pelarut dalam analisis spektrofotometri harus memperhatikan hal berikut,

1. Pelarut dapat melarutkan sampel dengan baik
2. Pelarut dapat meneruskan sinar sesuai panjang gelombang yang digunakan
3. Pelarut tidak mengandung sistem ikatan rangkap terkojugasi
4. Pelarut harus jernih
5. Pelarut tidak berinteraksi dengan sampel
6. Kemurniannya harus tinggi
7. Bersifat Like dissolved like

Tabel 4.3: Batas tembus sinar terendah untuk pelarut-pelarut di daerah sinar UV-Vis

No.	pelarut	Lambda	No.	pelarut	Lambda
1	Aseton	330	8	Isopropanol	215
2	95% etanol	205	9	Kloroform	245
3	Benzene	285	10	Methanol	215
4	Etil eter	205	11	Sikloheksan	215
5	Karbon tetraklorida	265	12	Piridin	305
6	Iso-oktana	215	13	Diklorometana	235
7	Karbon disulfida	375	14	Air	200

Beberapa istilah penting dalam interaksi molekul dengan pelarut atau reaktan lain:

1. Kromofor
Gugus fungsi yang menyerap radiasi pada daerah ultraviolet, dari ikatan π terkonjugasi yang mengalami transisi elektronik dari orbital n ke π^* dan π ke π^* .
2. Auksokrom
Gugus fungsi yang mengandung pasangan elektron bebas berikatan kovalen tunggal, yang terikat pada kromofor yang mengintensifkan absorpsi sinar UV-Vis pada kromofor tersebut, baik panjang

gelombang maupun intensitasnya, misalnya gugus hidroksi, amina, halida, alkoksi.

3. Pergeseran batokromik

Pergeseran panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih besar (disebut pergeseran merah) akibat efek pelarut ataupun pereaksi lain.

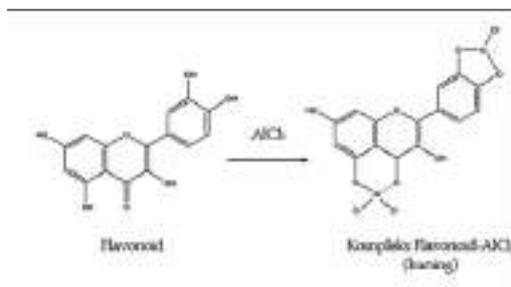
4. Pergeseran hipsokromik

Pergeseran panjang gelombang ke arah panjang gelombang yang lebih kecil (pergeseran biru) akibat efek pelarut ataupun pereaksi lain. Pergeseran ini akibat dari penambahan ataupun hilangnya sistem konjugasi karena efek pelarut. Pelarut juga memungkinkan untuk membentuk ikatan hidrogen yang memengaruhi konjugasi molekul.

4.3.2 Hal-hal yang harus Diperhatikan dalam Analisis Spektrofotometri UV-Vis

Dalam analisis spektrofotometri ada beberapa hal yang harus diperhatikan terutama pada saat kita menganalisis sampel berwarna atau berupa senyawa kompleks. Senyawa berwarna merupakan senyawa sampel yang dapat menyerap sinar pada daerah tampak (visibel). Pembentukan senyawa warna sendiri dapat dilakukan dengan pengompleksan. Ketika kita mereaksikan sampel yang awalnya jernih dengan reagen tertentu sehingga menghasilkan senyawa kompleks, ada hal-hal yang harus diperhatikan salah satunya adalah waktu stabilnya reaksi.

Salah satu penerapannya adalah pada saat kita melakukan pengukuran kadar flavonoid, larutan baku dan sampel terlebih dahulu direaksikan dengan $AlCl_3$ dalam kondisi asam (menggunakan asam asetat) dengan tujuan membentuk senyawa kompleks berwarna kuning. Ketika sampel sudah stabil bereaksi, sampel dapat diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada daerah sinar tampak. Sebelum pengukuran dilakukan, kita juga harus memastikan panjang gelombang yang digunakan merupakan panjang gelombang yang maksimal dari senyawa yang akan dianalisis.



Gambar 4.8: Reaksi Pembentukan Kompleks Flavonoid- AlCl_3

Berikut adalah tahapan dalam analisis spektrofotometri UV-Vis:

1. Pembentukan molekul yang menyerap sinar UV-Vis
Hal ini perlu dilakukan jika senyawa yang dianalisis tidak menyerap pada daerah tersebut. Caranya dengan merubah menjadi senyawa lain atau direaksikan dengan pereaksi tertentu. Pereaksi yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan yaitu:
 - a. Reaksinya selektif dan sensitif
 - b. Reaksinya cepat, kuantitatif, dan reproduisibel
 - c. Hasil reaksi stabil dalam jangka waktu yang lama. Keselektifan dapat dinaikkan dengan mengatur pH, pemakaian masking agent, atau penggunaan teknik ekstraksi.
2. Panjang gelombang maksimal
Panjang gelombang merupakan panjang gelombang yang memiliki serapan atau absorbansi paling maksimal. Pemilihan panjang gelombang maksimal dengan cara melakukan skrining pada rentang 200-400 nm atau 400-800 nm sampai didapatkan serapan yang paling optimal. Adapun alasan menggunakan panjang gelombang maksimal antara lain:
 - a. Pada panjang gelombang maksimal, kepekaanya juga maksimal karena pada panjang gelombang maksimal tersebut, perubahan absorbansi untuk setiap satuan konsentrasi adalah yang paling besar.

- b. Di sekitar panjang gelombang maksimal, bentuk kurva absorbansi datar dan pada kondisi tersebut hukum Lambert-Beer akan terpenuhi.
 - c. Jika dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh pemasangan ulang panjang gelombang akan kecil sekali, ketika digunakan panjang gelombang maksimal.
3. Waktu operasional (operating time)

Cara ini biasa digunakan untuk pengukuran hasil reaksi atau pembentukan warna. Tujuannya adalah untuk mengetahui waktu pengukuran yang stabil. Waktu operasional ditentukan dengan mengukur hubungan antara waktu pengukuran dengan absorbansi larutan.
4. Pembuatan kurva baku

Dibuat seri larutan baku dari zat yang akan dianalisis pada berbagai konsentrasi. Masing-masing absorbansi larutan dengan berbagai konsentrasi diukur, kemudian dibuat kurva yang merupakan hubungan antara absorbansi (y) dengan konsentrasi (x). Bila hukum Lambert-Beer terpenuhi, maka kurva baku berupa garis lurus. Kemiringan atau slope adalah a (absorptivitas).
5. Pembacaan absorbansi sampel

Absorbansi yang terbaca pada spektrofotometer hendaknya antara 0,2 sampai 0,8 atau 15 % sampai 70 % jika dibaca sebagai transmitansi (Gandjar and Rohman, 2007).

Bab 5

Pemeliharaan dan Konservasi Tumbuhan Obat

5.1 Tumbuhan Obat

Tumbuhan obat merupakan berbagai jenis tanaman yang dapat digunakan untuk pengobatan suatu penyakit ataupun meningkatkan kesehatan. Tumbuhan obat banyak digunakan masyarakat untuk pengobatan secara tradisional secara turun temurun. Penggunaan tumbuhan obat oleh masyarakat pada umumnya tanpa takaran yang pasti, hanya berdasarkan pengalaman penggunaan dan belum ada pengujian secara klinis di laboratorium (Harmida, Sarno and Yuni, 2011). Definisi lain tentang tumbuhan obat yaitu suatu jenis tumbuhan yang digunakan sebagian, seluruhnya atau eksudat dari tanaman yang dimanfaatkan sebagai obat, bahan atau ramuan obat-obatan.

Tumbuhan obat dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

1. Tumbuhan obat tradisional, merupakan spesies tumbuhan yang memiliki khasiat sebagai obat dan telah dimanfaatkan sebagai bahan baku obat tradisional yang dipercayai oleh masyarakat secara turun temurun.

2. Tumbuhan obat modern, merupakan spesies tanaman berkhasiat obat yang telah terbukti secara ilmiah mengandung senyawa bio aktif dan dapat dipertanggungjawabkan secara medis.
3. Tumbuhan obat potensial, merupakan spesies tanaman berkhasiat obat yang diperkirakan mengandung senyawa bio aktif tetapi belum ada pembuktian secara ilmiah (Alqamari, Tarigan and Alridiwersah, 2017).

Tumbuhan obat merupakan salah satu komponen penyusun obat tradisional. Bagi masyarakat yang tinggal di desa fungsi tumbuhan obat tradisional sangatlah penting untuk menjaga kesehatan terutama daerah pedesaan yang jauh dari fasilitas kesehatan. Di pedesaan tumbuhan obat banyak ditanam di pekarangan rumah sehingga dapat digunakan sebagai pertolongan pertama saat terjadi masalah kesehatan. Saat ini masyarakat perkotaan juga banyak yang menggunakan tumbuhan obat sebagai obat tradisional. Hal ini bukan karena jauh dari fasilitas kesehatan tetapi digunakan sebagai alternatif pengobatan ataupun karena harga obat modern atau obat sintesis relatif lebih mahal. Alasan lain penggunaan obat tradisional juga dikarenakan adanya pemikiran bahwa lebih aman dengan efek samping yang lebih kecil (Dewoto, 2007).

Tumbuhan obat secara global merupakan sumber obat baru. Di negara berkembang 80% masyarakat sangat bergantung pada obat-obatan herbal untuk layanan kesehatan warganya. Di negara maju lebih dari 25% obat herbal yang diresepkan berasal dari spesies tumbuhan liar. Saat ini dengan meningkatnya penggunaan obat herbal yang mengandung senyawa bio aktif, menjadikan penggunaan tumbuhan obat berkembang pesat di seluruh dunia (Chen et al., 2016).

Bagian dari tumbuhan obat yang biasanya digunakan sebagai obat tradisional berupa daun, bunga, batang, akar, buah, biji, umbi, rimpang ataupun seluruh bagian tanaman (herba). Bagian tumbuhan tersebut dapat berkhasiat dalam pengobatan karena mengandung senyawa aktif fitokimia hasil metabolisme tanaman (Hakim, 2015). Contoh daun yang dapat digunakan dalam pengobatan adalah daun sirih (*Piperis betle folium*), daun kumis kucing (*Orthosiphonis staminei folium*), daun kemuning (*Murrayae paniculatae folium*), daun sirsak (*Annonae muricatae folium*). Bunga dapat juga dimanfaatkan dalam pengobatan, contohnya bunga kesumba (*Carthami tinctorii flos*), bunga rosela (*Hibisci sabdariffae flos*), bunga krisan (*Chrysanthemi morifolli flos*), bunga sidowayah (*Woodfordiae fruticosae flos*).

Batang tumbuhan obat yang sering digunakan adalah kayu kuning (*Arcangelisiae flavae caulis*), batang brotowali (*Tinosporae Crispae caulis*), kulit batang kayu rapat (*Parameriae laevigatae cortex*), kulit batang sintok (*Cinnamomi sintoc cortex*), kulit batang pulasari (*Alyxiae reinwardtii cortex*). Contoh bagian akar yang sering dimanfaatkan antara lain akar kucing (*Acalyphae indica radix*), akar wangi (*Vetiveriae zizanioidi radix*), akar kelembak (*Rhei officinalis radix*). Buah yang dapat digunakan sebagai obat contohnya yaitu buah adas (*Foeniculi vulgaris fructus*), buah kapulaga (*Amomi compacti fructus*), buah mengkudu (*Morindae citrifoliae fructus*), buah cabe jawa (*Piperis retrofracti fructus*), buah pisang batu (*Musae balbisiae fructus*) (Kemenkes RI, 2008). Biji juga dapat digunakan sebagai obat contohnya biji pinang (*Arecae catechi semen*), biji wijen (*Sesami orientalis semen*), biji pala (*Myristicae fragransis semen*), biji mahoni (*Swieteniae mahagoni semen*). Contoh umbi yang digunakan dalam pengobatan yaitu bawang putih (*Allii sativi bulbus*), dan kucai (*Allii schoenoprasii bulbus*). Rimpang yang banyak digunakan dalam pengobatan contohnya rimpang bengele (*Zingiberis montani rhizoma*), jahe merah (*Zingiberis officinalis var. Rubrum rhizoma*), kencur (*Kaempferiae galangae rhizoma*), kunci pepet (*Kaempferiae angustifoliae rhizoma*), kunyit (*Curcuma longae rhizoma*), lengkuas (*Alpiniae galangae rhizoma*), temulawak (*Curcuma xanthorrhizae rhizoma*). Contoh tumbuhan obat yang termasuk herba yaitu herba bandotan (*Agerati conyzoidi herba*), herba benalu (*Scurrulae atropurpureae herba*), herba patikan cina (*Euphorbiae prostratae herba*), herba patikan kebo (*Euphorbiae hirtae herba*), dan herba pegagan (*Centellae asiaticae herba*) (Kemenkes RI, 2017).

Beberapa tumbuhan obat yang telah disebutkan hanyalah sedikit contoh dari ribuan jenis keanekaragaman hayati yang tumbuh di Indonesia dan dapat digunakan sebagai obat tradisional. Tumbuhan obat dengan ribuan jenis tersebut diperlukan pemeliharaan yang baik agar tetap dapat tumbuh dengan subur dan tidak mengalami kerusakan atau hilangnya sumber daya alam. Setiap masyarakat diharapkan dapat ikut serta melestarikan tumbuhan obat yang banyak tumbuh disekitar rumah (pekarangan) menjadi apotek hidup supaya dapat memberikan manfaat untuk menjaga kesehatan keluarga.

5.2 Pemeliharaan Tumbuhan Obat

Pemeliharaan tumbuhan obat merupakan suatu kegiatan yang bertujuan untuk menjaga, merawat serta mengolah tumbuhan supaya dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Sumber daya alam yang banyak tumbuh di Indonesia perlu dipelihara dan dilestarikan agar tidak mengalami kepunahan. Pertumbuhan tanaman obat termasuk rempah dan herba tergantung dari kondisi tanah dan iklim. Kondisi tanah yang subur dan cuaca yang stabil menjadikan rempah dan herba tumbuh dengan baik (Hakim, 2015). Pemeliharaan suatu tumbuhan obat sangat diperlukan supaya tidak muncul permasalahan setelah kegiatan penanaman. Permasalahan utama setelah proses penanaman yaitu adanya kemungkinan kematian bibit dan adanya pertumbuhan yang lambat atau abnormal.

Kematian bibit dapat terjadi beberapa minggu hingga beberapa bulan setelah proses penanaman. Faktor-faktor yang dapat memengaruhi kematian bibit yaitu keterampilan menanam atau kedalaman penanaman, kondisi tanah atau tingkat kesuburan tanah, perubahan kondisi cuaca setelah penanaman, kondisi bibit, kerusakan akar, serangga atau binatang, dan gulma. Kematian bibit yang cukup banyak harus diatasi dengan dilakukan penyulaman. Penyulaman harus dilakukan segera supaya variasi pertumbuhan tanaman yang tinggi dapat dihindari. Bibit yang digunakan untuk penyulaman harus dalam kondisi yang sehat, lebih besar sedikit dari rata-rata serta pertumbuhan akar yang baik (Budi, 2006)

Pertumbuhan lambat atau abnormal pada tanaman dapat disebabkan karena kekurangan unsur hara, kondisi tanah yang sesuai, tidak adanya mikroorganisme simbiotik dan kurangnya penyiangan. Pertumbuhan yang lambat dapat diatasi dengan pemilihan lahan yang sesuai dengan jenis tumbuhan obat yang akan ditanam, pemupukan untuk menambahkan unsur hara sesuai kebutuhan, penyiangan dengan melakukan kontrol pertumbuhan gulma di permukaan tanah karena dapat menjadi kompetitor air tanah, hara dan cahaya (Budi, 2006). Pemeliharaan tanaman dimulai dari pengairan, pemupukan dan pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT).

5.2.1 Pengairan

Pengairan merupakan bagian utama dari pemeliharaan tumbuhan. Proses pengairan tergantung dari teknik, waktu dan cara pemberian air. Pemberian air

tergantungan ketersediaan air, keadaan lahan pertanian, kebutuhan tanaman dan metode pemberiannya. Proses pengairan dapat menggunakan teknik pengairan gravitasi dan bawah permukaan jika ketersediaan air berlimpah. Apabila jumlah air terbatas maka teknik pengairan siraman lebih menguntungkan. Waktu dan cara pemberian air pada tumbuhan juga memengaruhi pertumbuhan suatu tanaman. Ciri fisik tumbuhan, kondisi tanah dan iklim digunakan sebagai pertimbangan untuk menentukan waktu pengairan. Pertumbuhan optimal dari suatu tanaman dengan daun berwarna hijau segar, mengkilap dan tumbuh tegak merupakan tanda bahwa kebutuhan airnya telah cukup.

Tumbuhan yang kekurangan air akan terlihat layu sementara, yaitu pada siang hari tampak layu dan saat sore hari terlihat segar kembali. Apabila tumbuhan tersebut tidak diberi air atau tidak terkena air hujan maka akan mengalami layu permanen, yang ditandai dengan layu pada siang dan sore hari. Kondisi layu permanen pada tumbuhan tidak dapat diperbaiki walaupun diberikan pengairan. Tumbuhan yang layu permanen akan mengalami kekeringan mulai pucuk daun hingga seluruh bagiannya dan akhirnya mati. Tumbuhan yang mengalami kelebihan air menyebabkan tanah menjadi jenuh sehingga di dalam tanah tidak tersedia udara dan akar tidak dapat bernapas. Kondisi seperti itu akan menyebabkan kendala pada pertumbuhan dan produksinya menurun (Wulandari, 2022).

5.2.2 Pemupukan

Pupuk adalah suatu bahan dengan kandungan unsur hara yang diberikan ke dalam tanah atau tanaman. Pemupukan merupakan suatu upaya memberikan pupuk ke dalam tanah atau tumbuhan untuk menambah unsur hara yang belum tersedia atau kurang dalam tanah. Pupuk yang digunakan dalam budidaya tanaman terdiri dari 2 jenis yaitu pupuk yang berasal dari alam (pupuk organik) dan pupuk buatan industri (pupuk organik).

Pupuk alam terbuat dari sampah atau tumbuhan yang telah mati, sisa makanan serta kotoran hewan ternak. Contoh pupuk alam yaitu kompos, pupuk hijau dan pupuk kandang. Pupuk organik mengandung unsur hara yang lengkap tetapi jumlah setiap unsurnya kecil. Beberapa faktor yang dapat menentukan kandungan unsur hara dalam pupuk alam antara lain umur dan jenis ternak, makanan, jenis tumbuhan, teknik pengolahan, dan proses peruraian bahan organik. Pupuk alam dapat berfungsi menggemburkan lapisan tanah permukaan, menyediakan unsur hara secara lengkap, meningkatkan kesuburan

tanah, memperbaiki kelembapan tanah, meningkatkan kualitas aerasi, memperbaiki kemampuan tanah untuk menyimpan air serta menaikkan nilai pH tanah (Wulandari, 2022).

Pupuk anorganik merupakan pupuk yang diproduksi suatu industri dengan mencampur bahan kimia sehingga menghasilkan unsur hara dalam jumlah besar yang diperlukan tumbuhan. Pupuk anorganik yang digunakan dengan bijaksana dapat memperbaiki sifat kimia dari tanah. Kelebihan dari pupuk anorganik antara lain jumlah pemberian dapat disesuaikan kebutuhan tumbuhan, ketersediaan pupuk mudah diperoleh, pengangkutan lebih mudah, harganya lebih murah. Kelemahan pupuk anorganik yaitu jika pemakaiannya berlebihan dapat membahayakan pertumbuhan tanaman, membahayakan manusia dan merusak tanah (Wulandari, 2022).

Pemupukan tumbuhan obat dapat dilakukan dengan berbagai teknik yaitu: (1) disebar di antara tanaman secara merata diatas petakan/bedengan, (2) diletakkan pada lubang tempat tanam, (3) diletakkan pada bagian luar tanaman, (4) diletakkan di antara tanaman, dan (5) penyemprotan pupuk dalam bentuk cair kebagian daun bagian bawah. Tumbuhan obat berupa umbi, rimpang atau buah-buahan lebih sesuai menggunakan teknik kedua yaitu pupuk diletakkan pada lubang benih atau bibit. Tumbuhan obat yang termasuk tanaman tahunan atau buah-buahan dapat juga menggunakan teknik pemupukan dengan diletakkan secara melingkar dibawah tajuk terluar atau disekitar tanaman/bibit (Wulandari, 2022).

5.2.3 Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT)

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 tahun 2010 tentang Hortikultura yang dimaksud dengan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) yaitu semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan, atau menyebabkan kematian tumbuhan. Tumbuhan obat (bahan obat nabati) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang harus mendapatkan perlindungan dari OPT. Organisme Pengganggu Tumbuhan dapat dikendalikan menggunakan bahan kimia sintetik, bahan alami, ataupun predator (Pemerintah RI, 2010).

Pengendalian OPT dapat dilakukan dengan cara: (1) identifikasi OPT termasuk hama, penyakit atau gulma. Hama, penyakit dan gulma dapat menyebabkan pertumbuhan dan produksi tanaman terganggu serta gagal panen. (2) identifikasi jenis hama dan kerusakan yang ditimbulkannya.

Berdasarkan ukuran tubuhnya terdapat empat kelompok hama yaitu mamalia (babi hutan, burung), rodentia (tikus, tupai), antropoda (serangga, hama penggerek/ulat), nematoda (cacing, ulat tanah) (Wulandari, 2022).

Kerusakan tumbuhan karena hama menyebabkan kondisi tanaman mengalami kelainan yang berbeda dengan tanaman yang dirusak oleh hama. Ciri-ciri tumbuhan yang mengalami kelainan yaitu terjadi perubahan warna pada bagian tanaman, tumbuhan menjadi layu karena sel jaringan dirusak oleh hama hingga menyebabkan kematian, tanaman kerdil sebab fungsi jaringan terganggu, kerusakan bagian tumbuhan (daun sobek, berlubang, daun saling melekat atau menggulung, hanya tertinggal tulang daunnya), muncul cendawan jelaga atau bercak klorosis (kuning) atau bercak putih keperakan pada bagian daun (Wulandari, 2022).

Kerusakan tumbuhan karena penyakit menyebabkan pertumbuhan tidak akan normal, kegagalan pertumbuhan dan produksi tanaman. Gejala penyakit tumbuhan meliputi:

1. Pada bagian kulit kayu dan daun mengalami kematian jaringan. Bercak yang awalnya berwarna kuning, kemudian menjadi cokelat atau hitam karena terkena jamur, virus, bakteri, atau serangga.
2. Hipoplasia, pertumbuhan tanaman tidak mencapai ukuran normal karena kekurangan sel (kerdil).
3. Hiperplasia atau hipertropi, pertumbuhan tanaman luar biasa karena pembesaran sel.
4. Perubahan warna, daun menguning kemudian gugur, bercak kuning karena infeksi virus, merah dan merah keunguan karena pembentukan antosianin, daun keperak-perakan karena sel epidermis rusak sehingga sel kering dan terisi udara, bercak air karena dinding sel telah mati.
5. Kekeringan atau layu, daunnya gugur dan diikuti keringnya batang daun tunas yang disebabkan karena jamur nematoda.

Organisme yang memiliki potensi sebagai patogen atau penyebab penyakit pada tumbuhan adalah jamur, bakteri, virus, dan gulma. (1) Penyakit tumbuhan karena jamur antara lain penyakit bercak daun, penyakit karat, penyakit busuk tongkol dan biji. Penyakit yang disebabkan oleh jamur dapat terjadi karena faktor suhu, angin, unsur hara, kelembapan dan curah hujan. (2)

Gejala penyakit tumbuhan karena bakteri yaitu terjadi pembusukan, bercak daun (bakteri berpenetrasi pada stomata daun), penyakit pada jaringan pembuluh yang bersifat sistemik. (3) Gejala penyakit tumbuhan karena virus ialah penurunan laju pertumbuhan dari tanaman (kerdil), muncul perbedaan warna pada daun, bunga atau buah, muncul warna kehijauan pada bunga dan ring sport (adanya cincin klorosis atau bercak pada daun, buah atau batang). (4) Gulma dapat mengganggu pertumbuhan tanaman sehingga dapat menurunkan hasil produksi (Wulandari, 2022).

Keberadaan hama dapat dikendalikan dengan cara mengurangi populasi organisme pengganggu serta menjaga keseimbangan ekosistem alami. Pengendalian hama dapat dilakukan dengan cara:

1. Pengendalian secara fisik dapat dilakukan untuk mematikan hama, mengganggu aktivitas fisiologi hama, mengubah lingkungan menjadi tidak sesuai untuk kehidupan hama. Pengendalian fisik dapat dilakukan dengan pemanasan $> 45^{\circ}\text{C}$, pembakaran, pendinginan $< 5^{\circ}\text{C}$, pengeringan dan lampu perangkap.
2. Pengendalian mekanik dilakukan untuk mematikan atau memindahkan hama secara langsung dengan tangan atau bantuan alat. Pengendalian mekanik dapat dilakukan dengan memasang perangkap, dan pengusiran.
3. Kultur teknis dilakukan dengan cara mengelola lingkungan atau ekosistem sehingga tidak cocok untuk kehidupan OPT. Teknik ini dapat dilakukan dengan sanitasi (pembersihan), pengolahan lahan sehingga dapat membunuh hama, gulma, telur, larva atau pupa yang hidup dalam tanah.
4. Pengendalian biologi (hayati) dilakukan dengan memanfaatkan parasitoid, predator dan patogen yang merupakan musuh alami.
5. Pengendalian kimiawi dengan menggunakan pestisida. Penggunaan pestisida harus tepat sesuai dengan jenis organisme pengganggu yang akan dikendalikan serta tepat dosis supaya tidak merusak tumbuhan, tidak membunuh musuh alami, tidak membahayakan manusia dan hewan ternak (Wulandari, 2022).

5.3 Konservasi Tumbuhan Obat

World Health Organization (WHO) memperkirakan 80% orang di seluruh dunia tergantung pada sistem pengobatan tradisional untuk layanan kesehatan. Menurut WHO terdapat sekitar 21.000 jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tumbuhan obat. Pengobatan dengan tanaman obat dinilai lebih aman karena menimbulkan efek samping yang minimal serta tidak bergantung pada kelompok usia dan jenis kelamin (Kadam and Pawar, 2020).

Menurut *International Union for Conservation of Nature and the World Wildlife Fund*, terdapat 50.000 hingga 80.000 spesies tumbuhan yang dimanfaatkan untuk pengobatan di seluruh dunia. Di antara spesies tersebut, kurang lebih 15.000 spesies terancam punah karena adanya perusakan habitat tempat tumbuh tanaman obat serta dilakukan pemanenan dalam jumlah besar. Sebanyak 20% sumber daya hayati yang tumbuh liar hampir punah seiring dengan meningkatnya jumlah manusia dan pemanfaatan tanaman. Banyaknya spesies yang hilang dan perusakan habitat tumbuhan obat di seluruh dunia dapat menimbulkan risiko kepunahan spesies tanaman obat (Chen et al., 2016).

Meningkatnya permintaan tumbuhan obat menyebabkan penebangan hutan yang tidak rasional dan menyebabkan menipisnya tanaman obat yang hidup di alam liar. Adanya bencana alam ataupun bencana akibat ulah manusia menyebabkan semakin berkurangnya keanekaragaman tumbuhan obat. Hutan hujan tropis yang merupakan habitat dari sekitar setengah tanaman di dunia diperkirakan berkurang 16,8 juta hektar/tahun. Tumbuhan obat memiliki risiko yang besar terjadi erosi genetik (hilangnya keanekaragaman genetik pada tumbuhan) dan kepunahan akibat adanya eksploitasi (Kadam and Pawar, 2020). Hal yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadi kepunahan tumbuhan obat yaitu dengan konservasi tanaman (Chen et al., 2016).

Konservasi merupakan suatu usaha pelestarian dan perlindungan secara cermat terhadap sumber daya alam atau habitat tumbuhan obat melalui pengelolaan yang terencana. Konservasi bertujuan untuk mendukung keberlanjutan sumber daya hayati dengan cara tidak merusak ekosistemnya dan tidak menghabiskan keanekaragaman spesies tumbuhan obat (Kadam and Pawar, 2020). Langkah awal untuk melakukan konservasi tumbuhan obat adalah melakukan identifikasi spesies yang paling berisiko mengalami kepunahan. Penyebab kelangkaan atau kepunahan tumbuhan obat yaitu adanya eksploitasi yang berlebihan, pengumpulan tanaman secara sembarangan, penggundulan

hutan yang tidak terkontrol, perusakan habitat serta karakter biologis setiap spesies. Karakter biologis berkorelasi dengan risiko kepunahan tumbuhan obat antara lain kekhususan habitat, jangkauan sebaran, ukuran populasi, keanekaragaman spesies, laju pertumbuhan, dan sistem reproduksi (Chen et al., 2016).

Konservasi tumbuhan obat dapat dilakukan melalui usaha pengumpulan informasi, pengkajian konservasi dan perencanaan pengelolaan, kebijakan dan peraturan, konservasi in situ, konservasi masyarakat, konservasi ex situ, praktek pertanian yang baik, pendidikan dan penelitian (Chen et al., 2016; Kadam and Pawar, 2020).

5.3.1 Pengumpulan Informasi

Pengumpulan informasi bertujuan untuk melakukan identifikasi spesies tumbuhan obat yang memiliki risiko mengalami kepunahan. Kepunahan tumbuhan obat dapat dideteksi dari adanya kelangkaan spesies, sehingga perlu upaya konservasi. Informasi tentang seberapa langka setiap spesies tumbuhan obat penting diketahui untuk menentukan langkah konservasi (Chen et al., 2016).

Tahap pengumpulan informasi dapat juga dilakukan dengan cara wawancara untuk mendokumentasikan prevalensi perdagangan tumbuhan obat secara komersial. Metode ini juga digunakan untuk melakukan penyelidikan dan mengidentifikasi keanekaragaman spesies tanaman obat yang dipanen secara liar. Pada tahap ini dapat menghasilkan daftar nama spesies tumbuhan obat yang paling sering dipanen, mahal, langka dan ketersediaan tanaman tersebut. Tahap survey pasar dilakukan untuk mengidentifikasi keanekaragaman spesies yang diperdagangkan secara komersial dan diprioritaskan untuk konservasi (Nahashon, 2013).

5.3.2 Pengkajian Konservasi dan Perencanaan Pengelolaan

Pengkajian konservasi dan perencanaan pengelolaan tumbuhan obat dapat dilakukan dengan melihat distribusi geografis dan karakteristik biologis spesies tanaman untuk memandu kegiatan konservasi dan menentukan tempat konservasinya di alam atau dipembibitan (Chen et al., 2016). Metode pengkajian konservasi dan perencanaan pengelolaan dilakukan juga untuk memprioritaskan spesies yang akan konservasi. Spesies yang akan dikonservasi diidentifikasi menggunakan kriteria prioritas yang dapat

menunjukkan praktek etnobotani (Nahashon, 2013). Etnobotani merupakan ilmu yang mengkaji hubungan budaya manusia di suatu daerah dalam memanfaatkan tumbuhan yang hidup disekitarnya. Etnobotani tidak dapat dilepaskan dari cabang ilmu etnoekologi yaitu suatu pengelolaan sumber daya alam atau lingkungan oleh masyarakat secara berkelanjutan (Darmadi, 2017).

Pada tahap pengkajian konservasi yang dihubungkan dengan etnobotani dari spesies tumbuhan sehingga akan diketahui informasi tentang tumbuhan obat yang dikaji, misalnya bagian tanaman yang digunakan. Pada tahap ini akan diperoleh informasi tentang kelangkaan spesies tertentu di alam liar akibat pemanenan berlebihan karena permintaan lokal atau diekspor. Spesies yang langka sering dimanfaatkan dan diperjualbelikan dengan harga yang tinggi, sehingga akan dipanen dalam jumlah besar yang akan berimbas pada ketersediaan spesies tersebut. Perlu mendapatkan perhatian lebih jika bagian dari spesies tersebut yang digunakan adalah akar atau kulit kayu karena berfungsi sebagai jalur makanan dalam suatu tanaman. Apabila spesies tersebut memiliki kegunaan lain selain sebagai obat, misalnya kayu, maka spesies tersebut akan dieksploitasi secara berlebihan sehingga dapat meningkatkan laju kepunahan. Proses inventarisasi spesies tumbuhan obat digunakan untuk mendapatkan gambaran mengenai jumlah spesies tumbuhan obat yang terancam punah. Hasil pengkajian dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk melakukan konservasi pada spesies tersebut untuk menjamin keseimbangan berkelanjutan antara ketersediaan dan permintaan tumbuhan obat (Nahashon, 2013).

5.3.3 Kebijakan dan Peraturan

Kebijakan dan peraturan pemerintah perlu ditegakkan sebagai cara untuk melestarikan tumbuhan obat. Kebijakan dan peraturan pemerintah merupakan upaya untuk mengatur pemanfaatan tumbuhan obat secara bertanggung jawab. Pemerintah diharapkan terlibat langsung dalam pengawasan tumbuhan obat dan melakukan penegakan hukum pada pihak yang menyebabkan kepunahan sumber daya alam dengan membuat dan menetapkan undang-undang atau peraturan tentang konservasi.

Kebijakan dan peraturan yang dibuat mencakup pengelolaan sumber daya spesies tumbuhan obat dengan memantau pemanenan. Untuk tumbuhan obat dengan jumlah terbatas dan pertumbuhan lambat, pemanenan yang merusak dapat mengakibatkan habisnya sumber daya dan kepunahan spesies. Pemanenan akar dan seluruh tanaman, misalnya herba, semak atau pohon,

dapat merusak tumbuhan obat jika dibandingkan pemanenan daun, bunga atau kuncupnya (Chen et al., 2016). Pemanenan hanya boleh dilakukan oleh orang yang telah terlatih dan memiliki izin, dengan sistem pemanenan bergilir. Pemanenan hanya diberikan izin kepada orang yang terdaftar untuk memanen spesies tumbuhan obat tertentu dengan pembatasan jumlah yang dipanen.

Membuat peraturan yang melarang orang asing memanen spesies tumbuhan obat tanpa izin tertulis dari departemen yang berwenang. Orang harus memiliki kartu identitas saat memanen untuk menunjukkan bahwa dirinya telah terdaftar dan mempunyai hak untuk memanen dalam jumlah yang sah di suatu wilayah. Hal tersebut dapat menyeimbangkan jumlah permintaan dan penawaran spesies tumbuhan obat. Kebijakan dan peraturan yang dibuat harus juga mempertimbangkan hak atas tanah. Orang yang melakukan pemanenan harus selalu mempunyai hak untuk memanen tumbuhan obat secara berkelanjutan di tanah yang dibeli, diwariskan atau disewakan. Kebijakan dan peraturan yang dibuat harus dapat memastikan pengembangan spesies tumbuhan obat secara berkelanjutan, menentukan biaya yang harus dibayarkan atas perusakan habitat tumbuhan obat (Nahashon, 2013).

5.3.4 Konservasi In situ

Sistem konservasi in situ merupakan pedoman untuk melestarikan sumber daya alam hayati yang rentan di lingkungan habitat asalnya. Konservasi in situ dapat juga mendorong proses evolusi dan adaptasi yang sedang berlangsung di lingkungan tanpa campur tangan manusia. Konservasi in situ merupakan bentuk konservasi terbaik dan efisien karena tumbuhan obat akan diperkenalkan kembali ke habitat aslinya. Sistem konservasi in situ supaya berhasil maka pemanenan tumbuhan obat yang tidak berkelanjutan di kawasan konservasi harus dihindari (Nahashon, 2013).

Konservasi in situ memiliki tujuan untuk melindungi ekosistem tumbuhan obat, menjaga keutuhan dan keaslian spesiesnya melalui proses evolusi. Kawasan konservasi in situ perlu diperluas supaya dapat memelihara ekologi, mempertahankan keanekaragaman genetik, menjadi penopang kehidupan, menjamin kebermanfaatan tumbuhan obat, pelestarian dan keberlanjutannya. Konservasi in situ dapat meningkatkan jumlah keanekaragaman tumbuhan obat yang dapat dilestarikan dan pemanfaatan berkelanjutan. Upaya konservasi in situ berfokus pada kawasan yang dilindungi dan berorientasi pada ekosistem bukan pada spesies. Keberhasilan konservasi in situ bergantung juga pada

peraturan, regulasi, dan potensi pengembangan tumbuhan obat dalam habitat pertumbuhannya (Chen et al., 2016).

5.3.5 Konservasi Masyarakat

Konservasi masyarakat didefinisikan sebagai ekosistem alami dan termodifikasi dengan keanekaragaman hayati yang signifikan, nilai-nilai ekologi dan budaya terkait. Cara ini menawarkan konservasi jangka panjang terhadap spesies yang terancam punah. Masyarakat dengan sukarela melestarikan spesies tumbuhan obat yang terancam punah. Konservasi masyarakat memiliki keuntungan dalam memberdayakan masyarakat lokal sebagai komunitas yang dapat berkontribusi terhadap pengelolaan konservasi in situ spesies tumbuhan obat secara berkelanjutan. Konservasi spesies tumbuhan obat yang efektif adalah dengan memastikan bahwa nilai komersial spesies tanaman obat di masyarakat dapat memberikan dampak pada peningkatan perekonomian (Nahashon, 2013).

5.3.6 Konservasi Ex situ

Konservasi ex situ merupakan usaha untuk melestarikan sumber daya alam di luar habitat aslinya dengan tujuan menjaga dan mengembangbiakkan jenis tumbuhan obat. Konservasi ex situ menjadi pelengkap yang efektif dari konservasi in situ, terutama bagi tumbuhan obat yang dieksploitasi secara berlebihan dan terancam punah dengan pertumbuhan lambat, ketersediaannya di alam rendah dan rentan terhadap penyakit. Konservasi ex situ bertujuan untuk membudidayakan dan menaturalisasikan spesies yang terancam punah sehingga dapat menjamin keberlangsungan hidup tumbuhan obat dan menghasilkan bahan baku pembuatan obat-obatan. Hal tersebut merupakan upaya untuk melestarikan sumber daya tumbuhan obat (Chen et al., 2016).

Konservasi ex situ dapat dilakukan melalui bank benih dan budidaya (penangkaran). Kegiatan tersebut dapat dilakukan di kebun raya, kebun botani, cagar alam, taman hutan atau taman kota. Konservasi tumbuhan ex situ lebih menantang dan harus digunakan sebagai pelengkap konservasi in situ. Menurut WHO bank benih merupakan sistem konservasi ex situ tanaman yang unggul. Lahan yang diperlukan kecil tetapi mampu menampung spesies dalam jumlah yang besar. Sistem konservasi bank benih supaya dapat efektif harus ada perjanjian hukum antara negara asal dengan badan/organisasi asing yang melakukan konservasi tumbuhan obat. Konservasi bank benih diutamakan untuk tanaman yang tumbuh lambat dan terancam punah (Nahashon, 2013).

Bank benih merupakan cara yang lebih baik untuk menyimpan keanekaragaman genetik tumbuhan obat secara *ex situ* jika dibandingkan dengan kebun raya, dan direkomendasikan untuk membantu melestarikan keanekaragaman hayati dan genetik spesies tanaman liar. Bank benih memungkinkan akses yang relatif cepat terhadap sampel tumbuhan untuk mengevaluasi sifat-sifatnya sehingga dapat memberikan informasi yang bermanfaat untuk melestarikan populasi alami yang tersisa. Bank benih memiliki tantangan yang besar dalam upaya mengembalikan spesies tanaman ke alam liar dan secara aktif membantu pemulihan populasi di alam liar (Chen et al., 2016; Kadam and Pawar, 2020).

Cara lain dari konservasi *ex situ* untuk melestarikan dan mengurangi eksploitasi berlebihan pada tumbuhan obat yang langka di alam liar yaitu dengan budidaya. Tanaman yang dapat dibudidayakan sebagian besar adalah spesies yang dapat tumbuh dengan cepat, memiliki banyak kegunaan dan mendatangkan keuntungan. Tumbuhan obat dibudidayakan dalam jumlah besar dan murah agar dapat bersaing dengan tumbuhan oba yang dipanen secara liar. Apabila tumbuhan obat yang dibudidayakan dijual dengan harga murah dan persediaan dipasaran meningkat maka jumlah orang yang melakukan pemanenan secara liar akan berkurang sehingga dapat mengurangi eksploitasi berlebihan terhadap tumbuhan obat.

Budidaya tidak dapat dilakukan pada tanaman obat yang tumbuh lambat. Umumnya spesies tanaman obat yang tumbuh di habitat aslinya lebih kuat dibandingkan yang ditanam di luar habitatnya. Hal tersebut karena adanya perbedaan jenis tanah, keanekaragaman hayati, iklim dan faktor yang lainnya. Budidaya lokal yang dapat dilakukan oleh setiap masyarakat adalah menanam tumbuhan obat di pekarangan rumah, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menunjang kesehatan anggota keluarga. Contoh tumbuhan obat yang dapat dibudidayakan di pekarangan rumah yaitu *Acacia senegalensis*, *Annona squamosa*, *Ann. cherimola*, lidah buaya (Nahashon, 2013).

Keuntungan budidaya spesies tumbuhan obat yaitu: (1) dapat mengurangi tekanan pemanenan terhadap spesies langka dan terancam punah, (2) genotipe tumbuhan obat terjaga tetap terstandarisasi atau ditingkatkan, (3) dapat menjamin pasokan bahan baku obat yang berkelanjutan, (4) volume produksi dan harga dapat stabil untuk jangka waktu yang lebih lama. Kerugian budidaya spesies tumbuhan obat yaitu dibutuhkan investasi besar sebelum dan selama produksi serta dapat mempersempit keragaman genetik pada sumber daya liar (Chen et al., 2016).

5.3.7 Praktek Pertanian yang Baik

Praktek pertanian yang baik pada penanaman tumbuhan obat dapat mengatur hasil produksi, menjamin kualitas, dan memfasilitasi standarisasi obat herbal. Praktek pertanian yang didukung dengan ilmu pengetahuan dapat mengatasi berbagai masalah selama penanaman sehingga obat herbal yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi, aman dan bebas polusi. Praktek pertanian yang baik meliputi aspek lingkungan ekologi tempat produksi, plasma nutfah, budidaya, kualitas deteksi pestisida, identifikasi kimia senyawa bio aktif dan inspeksi unsur logam. Pertanian organik merupakan contoh praktek pertanian yang baik, yang bertujuan untuk menghasilkan bahan baku obat dengan kualitas lebih baik dan produktivitas tinggi, serta memastikan konservasi dan pemanfaatan tumbuhan obat secara berkelanjutan.

Pertanian organik tidak menggunakan pupuk sintesis, pestisida dan herbisida. Penggunaan pupuk organik secara terus menerus dapat menyuplai unsur hara tanah dan meningkatkan stabilitas tanah, sehingga sangat memengaruhi pertumbuhan tanaman obat dan senyawa aktif yang dihasilkan. Pertanian organik tidak membahayakan lingkungan dan bergantung pada sumber daya terbarukan untuk menjaga proses biologis tumbuhan obat dan keseimbangan ekologi habitat. Pertanian organik tumbuhan obat menjadi sangat penting dalam pengembangan jangka panjang dan ke berlanjutan tanaman obat (Chen et al., 2016).

5.3.8 Pendidikan dan Penelitian

Pendidikan dan penelitian merupakan langkah penting dalam konservasi tanaman obat. Pendidikan diperlukan bagi generasi muda agar memiliki kesadaran penuh terhadap permasalahan lingkungan. Upaya lainnya yaitu menciptakan dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya tumbuhan obat bagi kehidupan masyarakat. Masyarakat perlu mendapatkan informasi pentingnya konservasi spesies tumbuhan obat dan praktek budidaya untuk menghindari kepunahan tanaman obat. Penelitian tentang khasiat tumbuhan obat juga perlu terus dilakukan yang akan berdampak pada budidaya dan pemanenan tanaman obat untuk produksi farmasi (Nahashon, 2013).

Penelitian pembuatan obat tradisional berbahan dasar tanaman hutan (tumbuhan liar) atau bersifat etnobotani perlu dikembangkan karena generasi muda saat ini kurang berminat untuk mempelajari metode pengobatan

tradisional (Nugroho, 2017). Selain pengembangan penelitian masyarakat juga perlu dilibatkan secara penuh dalam usaha pelestarian sumber daya alam untuk meningkatkan kepedulian dalam melestarikan alam. Wujud nyata kepedulian masyarakat pada pelestarian alam dapat terlibat aktif dalam kelompok pecinta alam, kader konservasi ataupun kelompok wanita tani dan lain sebagainya.

Bab 6

Etnobotani: Menelusuri Kearifan Lokal

6.1 Pendahuluan

Indonesia memiliki wilayah yang strategis di garis khatulistiwa, di antara dua benua dan dua samudera sehingga memiliki iklim tropis sepanjang tahun. Keberuntungan eko geografis tersebut memberikan peluang Indonesia menjadi pusat keanekaragaman biologi baik hewan maupun tumbuhan. Hutan hujan tropis Indonesia seluas lebih dari 120 juta hektar, merupakan tempat tumbuh bagi 10 % tumbuhan berbunga dunia yang jumlahnya mencapai 30.000 spesies. (Kementerian Kesehatan, 2015).

Salah satu hasil hutan hujan tropis yang memiliki banyak manfaat dan memiliki potensi luar biasa adalah tanaman obat. Tanaman obat adalah kekayaan sumberdaya hayati Indonesia yang tinggi. Banyak spesies tanaman obat Indonesia bersifat endemik dan tidak ditemukan di wilayah lain di dunia. Keunggulan lain adalah tanaman obat Indonesia tumbuh di wilayah tropis dengan sinar matahari sepanjang tahun yang mampu menghasilkan kandungan aktif berkualitas tinggi. Tidak diragukan lagi sejak dulu Indonesia menjadi negara penghasil rempah-rempah kelas dunia yang diincar oleh banyak negara.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, potensi keanekaragaman biologi tersebut sebagian telah dieksplorasi dan dikembangkan menjadi produk unggulan yang bukan saja untuk masyarakat dalam negeri namun juga utk komoditi ekspor. Dalam dua dasawarsa terakhir, telah terjadi perubahan gaya hidup penduduk dunia. Masyarakat dunia kembali mencari keseimbangan dari alam untuk mendukung kehidupan. Mereka percaya bahwa keseimbangan alam adalah kunci keberlangsungan kehidupan manusia. Pola kembali ke alam ini diterapkan hampir di setiap sisi kehidupan.

Pada saat ini masyarakat semakin berminat menggunakan tanaman obat sebagai jamu untuk memelihara kesehatan dan kebugaran serta sebagai pengobatan. Salah satu upaya adalah dengan mencari alternatif pengobatan berbasis alam yakni dengan tanaman obat.

6.2 Etnobotani

Etnobotani yakni suatu pengetahuan yang mempelajari hubungan antara manusia dengan tumbuhan. Hingga saat ini ruang lingkup kajian etnobotani semakin berkembang dan meliputi sejumlah aspek botani dari berbagai bidang. Enam bidang utama yang termasuk dalam penelitian etnobotani antara lain etnoekologi, farmasi, kesehatan, pertanian tradisional, material budaya serta etnobotani kognitif (Basuki, 2008).

Pengenalan etnobotani kepada masyarakat dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang pemanfaatan tumbuhan yang berpotensi sebagai obat secara maksimal. Pemanfaatan tumbuhan sebagai obat secara maksimal dapat meningkatkan kesehatan dan ekonomi masyarakat. Studi etnobotani tentang tanaman obat sangatlah penting untuk dilakukan guna mengetahui pemanfaatan tanaman obat dan sebagai upaya dalam melestarikan alam serta kearifan lokal tentang pemanfaatan tanaman obat. Etnobotani dapat dipergunakan sebagai salah satu alat untuk mendokumentasikan pengetahuan masyarakat tradisioal, masyarakat awam yang telah menggunakan berbagai macam tumbuhan untuk menunjang kehidupan. Etnobotani yang bertumpu kehidupan manusia dalam pemanfaatan tumbuh-tumbuhan yang ada di sekitar, dapat meningkatkan daya hidup manusia.

Keunikan Indonesia yang memiliki keanekaragaman biodiversitas terbesar kedua setelah Brasil memiliki keunggulan komparatif dalam menumbuhkan

ilmu pengetahuan tersebut. (Hayati, Helmina and Hidayah, 2021). Keanekaragaman kultur Indonesia yang tersebar dalam ribuan pulau membentuk mozaik kehidupan yang tidak ada duanya di dunia.

6.2.1 Manfaat Tumbuhan dalam Etnobotani

Pengetahuan klasifikasi tumbuhan secara fungsional telah tertulis dalam Serat Centhini yang ditulis pada 1814 M menggunakan candrasangkala Pakso Suci Sabda Ji, yang artinya tahun Jawa 1742. Serat Centhini memuat berbagai pengetahuan yang sangat lengkap. Pengetahuan Masyarakat Jawa yang berkaitan dengan kedudukan dirinya di alam semesta yang dikenal dengan Memayu Hayuning Bawono, yang bermakna menjaga bumi demi kemakmuran dan kesejahteraan alam seisinya (Basuki, 2008). Masyarakat Jawa memandang alam dan lingkungan secara holistik, sebagai satu sistem yang terdiri atas alam makro dan alam mikro. Manusia dan makhluk seisinya merupakan bagian dari sistem tersebut. Alam merupakan wadah bagi manusia untuk hidup, membina hubungan vertikal dan horizontal dan mengelola sumber daya yang tersedia. Manifestasi konsep tersebut antara lain pemanfaatan dan pelestarian sumber daya alam dan menjalin hubungan secara vertikal dalam bentuk berbagai ritual pemujaan dan pengkeramatan.

Serat Centhini juga membahas pengetahuan botani masyarakat pada zaman tersebut, terutama dalam pengenalan, dan penamaan. Penggolongan atau klasifikasi dan penamaan tumbuhan didasarkan morfologis, habitus dan cara penyebaran. Penggolongan buah buahan tidak hanya buah yang dimaksud dalam bahasa umum dan bahasa Imiah. Kelompok umbi-umbian digolongkan polo kapendhem, yang berarti terpendam dalam tanah. Timun dan semangka digolongkan polo kasimpar, yaitu buah terserak atau terhampar. Mangga dan pepaya digolongkan polo ganthung, yaitu buah tergantung. Biji-biji digolongkan polowija, randu digolongkan polokirmo, yaitu buah tersebar dan kelapa sebagai polokucilo, yaitu buah terasing dan lainnya. Penggolongan jenis tumbuhan berdasarkan keunikan ciri, merupakan salah satu kajian etnobotani tentang persepsi, upaya kelompok masyarakat tertentu dalam melakukan upaya cepat mengenali jenis sumberdaya yang apat dimanfaatkan. Nilai guna jenis jenis tumbuhan yang tercantum dalam Serat Centhini mencakup kebutuhan hidup keseharian. Kebutuhan hidup keseharian mencakup; bahan pangan, bahan obat-obatan, bahan bangunan, kayu bakar, bahan ritual, bahan pewarna, bahan kosmetika dan lainnya, serta pengetahuan cara penggunaan.

6.3 Kearifan Lokal dalam Pengobatan

Bangsa Indonesia merupakan bangsa yang majemuk. Masyarakatnya terdiri dari berbagai macam suku bangsa yang tersebar di seluruh kawasan Nusantara. Setiap suku di setiap daerah memiliki kebudayaan yang dikembangkan secara turun-temurun. Kemajemukan budaya yang dimiliki setiap suku pada dasarnya merupakan kekayaan bangsa Indonesia. Berdasarkan realitas, kekayaan budaya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia banyak yang belum dikembangkan secara proporsional. Dalam arti lain, belum sepenuhnya menyentuh masyarakat sebagai media penumbuhan jati diri bangsa dan sebagai sumber potensi diri.

Keragaman budaya sejatinya dapat dijadikan modal untuk memperkuat identitas kebangsaan. Di samping itu, keragaman budaya termasuk kesenian dimungkinkan dapat dijadikan komoditas nasional yang dapat memberikan kontribusi bagi kesejahteraan masyarakat. Bali misalnya, merupakan salah satu contoh wilayah yang menjadikan produk budaya masyarakatnya sebagai komoditas yang laku dijual. Kontribusi produk budaya seperti kesenian tradisional di Bali hendaknya dijadikan inspirasi bagi daerah-daerah lain di Nusantara. Pelestarian budaya secara umum dapat didefinisikan segala perilaku atau tindakan (upaya) yang bertujuan untuk mempertahankan keadaan dan keberadaan suatu peninggalan generasi masa lampau melalui proses inventarisasi, dokumentasi, dan revitalisasi. Salah satu prioritas dalam pembangunan nasional adalah pelestarian (perlindungan, pemanfaatan, pemeliharaan, dan pengembangan) terhadap warisan budaya sebagai aset bangsa yang memiliki nilai sejarah, ilmu pengetahuan, dan ekonomi.

Pelestarian budaya tersebut bermanfaat dalam upaya:

1. Mengetahui, memahami, dan menghargai prestasi-prestasi atau pencapaian-pencapaian nenek moyang sebuah masyarakat atau bangsa.
2. Menjadi sumber inspirasi untuk membangun masa depan yang lebih baik tanpa mengulangi kesalahan masa lalu.
3. Menjadikan deposit yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat karena tinggalkan budaya merupakan saksi sejarah perjalanan bangsa Indonesia dari zaman ke zaman dengan berbagai kondisi perkembangan dunia.

Kebudayaan merupakan salah satu perwujudan jati diri bangsa yang mempunyai ciri khas dari gambaran kehidupan masyarakat Indonesia dari berbagai etnik. Kelangsungan hidup sebuah bentuk tradisi kebudayaan khususnya pengobatan tradisional agar tetap hidup dan berkembang sangat ditentukan oleh peranan kebijakan pemerintah dan kepedulian masyarakat. Pengobatan tradisional merupakan salah satu wujud kearifan lokal di antaranya berfungsi untuk menjaga keseimbangan hidup.

Obat tradisional adalah obat-obatan yang diolah secara tradisional, turun temurun, berdasarkan resep nenek moyang, adat-istiadat, kepercayaan, atau kebiasaan setempat, baik bersifat magic maupun pengetahuan tradisional. Menurut penelitian masa kini, obat-obatan tradisional memang bermanfaat bagi kesehatan, dan kini digencarkan penggunaannya karena lebih mudah dijangkau oleh masyarakat, baik harga maupun ketersediaannya. Obat tradisional pada saat ini banyak digunakan karena menurut beberapa penelitian tidak terlalu menyebabkan efek samping dan masih bisa dicerna oleh tubuh. Beberapa perusahaan mengolah obat-obatan tradisional yang dimodifikasi lebih lanjut. Media dan bagian dari obat tradisional yang bisa dimanfaatkan adalah air putih, akar, rimpang, batang, buah, daun, dan bunga.

Penggunaan bahan alam, baik sebagai obat maupun tujuan lain cenderung meningkat, terlebih dengan adanya isu *back to nature* serta krisis berkepanjangan yang mengakibatkan turunnya daya beli masyarakat. Obat tradisional dan tanaman obat banyak digunakan masyarakat menengah kebawah terutama dalam upaya preventif, promotif dan rehabilitatif. Sementara ini banyak orang beranggapan bahwa penggunaan tanaman obat atau obat tradisional relatif lebih aman dibandingkan obat sintesis. Walaupun demikian bukan berarti tanaman obat atau obat tradisional tidak memiliki efek samping yang merugikan, bila penggunaannya kurang tepat. Agar penggunaannya optimal, perlu diketahui informasi yang memadai tentang kelebihan dan kelemahan serta kemungkinan penyalahgunaan obat tradisional dan tanaman obat. Dengan informasi yang cukup diharapkan masyarakat lebih cermat untuk memilih dan menggunakan suatu produk obat tradisional atau tumbuhan obat dalam upaya kesehatan.

Efek samping obat tradisional relatif kecil jika digunakan secara tepat, yang meliputi:

1. Kebenaran bahan, tanaman obat di Indonesia terdiri dari beragam spesies yang kadangkala sulit untuk dibedakan satu dengan yang lain.

Kebenaran bahan menentukan tercapai atau tidaknya efek terapi yang diinginkan (Saputri et al., 2021).

2. Ketepatan dosis, tanaman obat, seperti halnya obat sintesis juga tidak dapat dikonsumsi sembarangan. Tetap ada dosis yang harus dipatuhi, seperti halnya resep dokter. Buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*), misalnya, hanya boleh dikonsumsi dengan perbandingan 1 buah dalam 3 gelas air, sedangkan daun mindi (*Melia azedarach*, L.) baru berkhasiat jika direbus sebanyak 7 lembar dalam takaran air tertentu (Subiono, 2020).
3. Ketepatan waktu penggunaan, misalnya kunyit diketahui bermanfaat mengurangi nyeri haid dan sudah turun-temurun dikonsumsi dalam ramuan jamu kunyit asam yang sangat baik dikonsumsi saat datang bulan. Akan tetapi jika diminum pada awal masa kehamilan berisiko menyebabkan keguguran. Hal ini menunjukkan bahwa ketepatan waktu penggunaan obat tradisional menentukan tercapai atau tidaknya efek yang diharapkan (Naemi et al., 2021).
4. Ketepatan cara penggunaan, satu tanaman obat dapat memiliki banyak zat aktif yang berkhasiat di dalamnya. Masing-masing zat berkhasiat kemungkinan membutuhkan perlakuan yang berbeda dalam penggunaannya. Sebagai contoh adalah daun kecubung (*Datura metel*) jika dihisap seperti rokok bersifat bronkodilator dan digunakan sebagai obat asma. Akan tetapi, jika diseduh dan diminum dapat menyebabkan keracunan (Islam et al., 2023).
5. Ketepatan telaah informasi, perkembangan teknologi informasi saat ini mendorong derasnya arus informasi yang mudah untuk diakses. Informasi yang tidak didukung oleh pengetahuan dasar yang memadai dan telaah atau kajian yang cukup seringkali mendatangkan hal yang menyesatkan. Ketidaktahuan dapat menyebabkan obat tradisional berbalik menjadi bahan membahayakan.

Peluang studi kekinian etnobotani dalam mengungkapkan nilai (ekologi, ekonomi, etik, instrinsik) dan pembuktian ilmiah pengetahuan lokal, kearifan lokal, dan kecerdasan lokal, secara terperinci adalah sebagai berikut.

1. Pengungkapan potensi dan meningkatkan nilai sumber daya tumbuhan dan ekosistem. Sebagai contoh, pengungkapan potensi bambu aya (*Gigantochloa aya*) yang merupakan jenis tumbuhan endemik Pulau Bali dipercaya dapat mengobati demam (Sujarwo, 2018).
2. Memperkuat masyarakat lokal dalam pengelolaan sumber daya tumbuhan dan ekosistem melalui penguatan kelembagaan dan peran masyarakat. Sebagai contoh, studi situs keramat alami dan tata guna lahan masyarakat Sasak mengungkapkan sistem pengelolaan sumber daya tumbuhan dan ekosistemnya yang secara ekologis dapat dipertanggungjawabkan keilmiahannya (Rahayu, 2021).
3. Mendukung pelestarian sumber daya tumbuhan, ekosistem, dan budaya. Sebagai contoh, pengungkapan sistem tata ruang Bali Tri Mandala yang memiliki nilai pelestarian pada tingkat jenis, ekosistem, dan sekaligus budaya masyarakat Bali (Arinasa and Sujarwo, 2014).
4. Mengungkapkan dan membuktikan keilmiah pengetahuan etnobotani menjadi ilmu yang bermanfaat dan berharga. Sebagai contoh, pengungkapan nilai-nilai masyarakat Bali tentang Usada yang terbukti hingga kini masih dipraktikkan dan bermanfaat dalam menjaga kesehatan masyarakat Bali seperti pemanfaatan pulai (*Alstonia scholaris*), sembung (*Blumea balsamifera*), kayu manis (*Cinnamomum burmannii*), dan sirih (*Piper betle*) yang memiliki nilai obat tinggi. Pulai memiliki lebih dari 400 senyawa berbeda yang telah berhasil diisolasi, sangat kaya alkaloid, mengandung steroid, flavonoid, dan triterpenoid serta memiliki aktivitas tervalidasi terhadap *Plasmodium berghei* sebagai obat malaria. Sembung memiliki aktivitas biologis senyawa obat, yaitu antimikroba, antiinflamasi, hepatoprotektif dan aktivitas farmakologis lain. Penggunaan kayu manis untuk obat sudah sangat melegenda (Arinasa

and Sujarwo, 2014). Tanaman ini telah dibudidayakan dan bahkan produknya telah dikomersialisasikan secara luas. Orang Bali menggunakan kayu manis untuk berbagai keperluan mulai dari memasak hingga obat, sedangkan aren (*Arenga pinnata*) diidentifikasi sebagai cultural keystone species karena hampir semua organ tubuhnya memiliki nilai guna bagi kehidupan masyarakat Bali (Sujarwo, 2023).

5. Pengembangan iptek terapan (kesehatan, pertanian, bioteknologi, ekologi dan ilmu terapan lain). Sebagai contoh, pengembangan loloh (bahasa Bali untuk jamu), cemcem (nama dagang untuk kedondong hutan, *Spondias pinnata*), semacam minuman penyegar (refreshment) yang produknya sudah banyak dijual di berbagai pasar tradisional hingga restoran di Bali (Wawan Sujarwo, 2023)
6. Mengungkapkan nilai ilmiah pengetahuan dan kearifan lokal pemanfaatan keanekaragaman tumbuhan sebagai bahan obat, pangan, energi terbarukan, dan kebutuhan aktual bangsa (Kasumewuho et al., 2023).

6.3.1 Tanaman Obat Tradisional dan Pengobatan di Indonesia

Tumbuhan obat tradisional mempunyai peranan penting terutama bagi masyarakat desa. Penggunaan tanaman sebagai obat menjadi salah satu pilihan utama masyarakat desa untuk mengobati suatu penyakit. Hal ini terjadi karena obat tradisional mudah didapat dan tidak memerlukan biaya yang mahal dibanding obat-obatan modern serta tidak memiliki efek samping yang membahayakan. Cara pengolahan juga masih sangat sederhana hanya berdasarkan kebiasaan dan pengalaman sehari-hari yang diwariskan secara turun temurun dari nenek moyang. Tumbuhan obat biasanya diambil langsung dari hutan, namun sebagian besar diambil dari sekitar pekarangan rumah yang sengaja ditanam karena manfaat yang dikandungnya. Tumbuhan obat biasanya sengaja ditanam selain manfaatnya sebagai obat juga dikarenakan sebagian tumbuhan obat tersebut dapat bermanfaat sebagai bumbu masak.

Daun merupakan organ tanaman obat yang lebih banyak dimanfaatkan karena dianggap cara pengolahannya mudah dan khasiatnya lebih besar dibanding

bagian tumbuhan yang lainnya. Selain itu, daun juga menjadi bagian yang paling mudah diambil atau dipetik, keberadaanya selalu tersedia dan dapat ditemukan kapan saja saat diperlukan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan melaporkan bahwa daun mempunyai kandungan air yang tinggi (80%) dan mengandung minyak atsiri, fenol, senyawa kalium dan klorofil yang mampu menyembuhkan penyakit (Putra, R.A., Wiryono, Apriyanto, 2013).

Pemanfaatan daun juga dianggap lebih lestari karena tidak memerlukan pengambilan secara utuh seperti penebangan atau pencabutan, sehingga tumbuhan yang digunakan tetap bisa dilestarikan. Sama halnya dengan pemanfaatan daun, buah yang dimanfaatkan juga tidak memerlukan penebangan atau pencabutan keseluruhan tumbuhan serta mudah diambil (Ramdhayani and Fajri, 2023). Namun, meskipun buah menjadi salah satu bagian yang paling mudah diambil tetapi tidak mudah ditemukan kapan saja saat diperlukan, karena biasanya keberadaan buah tergantung pada musim seperti halnya bunga (Efremila., 2015). Penggunaan bagian tumbuhan lain seperti batang, rimpang, umbi dan akar lebih sulit pengambilannya karena memerlukan tindakan pencabutan dan penebangan untuk pemanfaatannya sehingga secara ekologi memengaruhi jumlahnya di alam (Ramdhayani and Fajri, 2023). Pengolahan tumbuhan obat umumnya dilakukan dengan cara yang cukup sederhana.

Beberapa cara pengolahan tumbuhan obat yang sering digunakan oleh masyarakat yaitu dengan cara direbus, diparut, ditumbuk, diperas dan dikupas. Cara pengobatan untuk penyakit dalam umumnya bagian dari tumbuhan obat direbus, sedangkan pada penyakit luar bagian tumbuhan obat di tempel atau digosok. Selain itu, pengolahan dengan cara direbus sangat mudah dan hemat karena proses perebusan dapat dilakukan berulang kali. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan dilaporkan bahwa melalui teknik perebusan dapat membuat kandungan aktif di dalam daun seperti flavonoid menjadi larut di dalam air sehingga mudah dicerna di dalam tubuh (Tantra and Rasna, 2017).

Penggunaan tumbuhan obat dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti diminum, dimakan, dioleskan, ditempelkan, diurutkan, ditetaskan, ditaburkan dan digosokkan. Menurut (Efremila., 2015) untuk mengobati penyakit dalam, bagian tumbuhan obat yang digunakan direbus terlebih dahulu dan kemudian diminum. Masyarakat meyakini bahwa penggunaan tumbuhan obat dengan cara diminum mempunyai efek dan reaksi yang lebih cepat jika dibandingkan dengan cara penggunaan tumbuhan obat yang lainnya. Penelitian (Tantra and

Rasna, 2017) menyebutkan bahwa jamu dapat segera diminum dan segera beredar diseluruh tubuh sehingga diharapkan efek dan reaksinya lebih cepat untuk mengobati suatu penyakit.

Tumbuhan obat yang diolah dalam bentuk ramuan umumnya adalah berupa jamu yang diracik dengan tumbuhan obat sebagai bahan dasarnya dan ditambah dengan bahan pendukung lain yang terdapat di alam (Firmansyah, 2017). Penggunaan bahan dasar tumbuhan obat untuk meramu atau meracik jamu disesuaikan dengan fungsinya dalam mengobati suatu penyakit. Contohnya jamu perut kembung yang diramu menggunakan bahan-bahan di antaranya jahe, lengkuas, kelapa, temu kunci, sirih, merica, gula merah, kunyit putih, kesembukan, kencur dan daun bawang. Jamu keset diramu dengan bahan-bahan di antaranya kayu gading, kunyit putih, kunci pepet, temulawak hitam, mengkudu dan delima (Lavenia et al., 2019). Masyarakat Indonesia sudah sejak lama menggunakan tumbuhan dari familia Zingiberaceae sebagai obat (jamu) karena keberadaannya yang tumbuh subur didaerah tropis. Hasil penelitian Lavenia et al. (2019) juga menunjukkan jenis tumbuhan yang sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan ramuan jamu adalah dari familia Zingiberaceae, organ tumbuhan yang sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan jamu adalah rimpang.

Beberapa tanaman lain yang telah dipergunakan sebagai obat tradisional oleh masyarakat Indonesia sebagai berikut.

1. Pala (*Myristica Fragrans* Houtt)

Bagian yang digunakan biji.

Khasiat dan manfaat:

- a. Mengobati penyakit disentri, maag, mencret, menghentikan muntah, mual, mulas, perut kembung dan rematik.

Cara pemakaian bagi penyakit di atas:

Biji pala (serbuk) 1 gram, buah pisang batu (serbuk) 6 gram, air 100 ml diseduh lalu diminum satu kali sehari 100 ml, diulang selama 30 hari/sampai sembuh

- b. Suara parau

Cara pemakaiannya: Biji pala (serbuk) 2 butir, rimpang jahe (diukur) 3 rimpang, bunga kuncup cengkeh (serbuk) 7 biji, air 50 ml diseduh lalu diborehkan pada leher, bila perlu ditambah minyak kayu putih sedikit, diperbarui setiap 3 jam.

- c. Vitalitas/stamina
Cara pemakaian: Pala dibelah diambil bijinya lalu direbus dicampur dengan pinten, jahe dan kapolaga, diminum atau bisa dicampur air susu dan gula merah diminum seperlunya
 - d. Pala dapat dibuat bumbu/rempah-rempah
Adapun manfaat lainnya, pala muda untuk manisan dan pala yang tua dapat digunakan untuk rempah-rempah.
2. Lengkuas/Laja (*Alpinia Galanga*, Linn)
Bagian yang digunakan rimpang.
Khasiat dan manfaat:
- a. Mengobati rematik, sakit limpa, gairah seks, nafsu makan
Cara pemakaian untuk penyakit di atas: 2 Rimpang laja diparut dan diperas untuk diambil airnya, telur ayam kampung mentah diambil kuningnya lalu dicampur sampai merata, diminum 1 kali sehari.
 - b. Bronkhitis, morbili, panu, kadas kurap
Cara pemakaiannya: 2 Rimpang laja sebesar ibu jari, 3 rimpang umbi temulawak sebesar ibu jari dan 1 genggam daun meniran, bahan-bahan tersebut direbus ditambah tiga gelas air sampai mendidih, diminum 2 kali sehari 1 cangkir (pagi dan sore).
 - c. Menurunkan kolesterol
Cara pemakaiannya: daun sirih, salam dan lengkuas/laja dicampur direbus dalam masakan agar berkhasiat menurunkan kolesterol yang ada pada masakan.
3. Jahe (*Zingiber officinale* Rosc)
Bagian yang digunakan rimpang.
Khasiat dan manfaat:
- a. Mengobati batuk, membangkitkan nafsu makan.
Cara pemakaiannya: Jahe diparut 3 rimpang, diperas lalu diminum 3 kali sehari 1 sendok teh diulang selama 3 hari.
 - b. Mulas, perut kembung, gatal, luka, dan sakit kepala
Cara pemakaian: Jahe diparut 3 rimpang, pindahkan ramuan ke kain bersih dan ikat dengan tali, kemudian masukkan ke dalam

cuka hangat dan oleskan ke seluruh badan agar mempercepat keluarnya keringat.

c. Pegal linu dan rheumatik

Cara pemakaian: jahe diparut 3 rimpang lalu ditempel ke badan yang pegal secukupnya.

4. Daun sirsak (*Annona Muricata*)

Bagian yang digunakan daun dan buah.

Khasiat dan manfaat:

a. Mengobati ambeien

Cara pemakaian: Buah sirsak yang sudah masak, diperas untuk diambil airnya sebanyak 1 gelas, diminum 2 kali sehari.

b. Sakit kandung air seni

Cara pemakaian: Buah sirsak setengah masak, gula dan garam secukupnya, semua bahan tersebut dimasak dibuat kolak, dimakan biasa dan dilakukan secara rutin setiap hari selama seminggu berturut-turut.

c. Bayi mencret

Cara pemakaian: Buah sirsak yang sudah masak diperas dan disaring untuk diambil airnya, diminumkan pada bayi yang mencret sebanyak 2-3 sendok makan.

d. Sakit Pinggang

Cara pemakaian: 20 lembar daun sirsak direbus dengan 5 gelas air sampai mendidih hingga tinggal 3 gelas, diminum 1 kali sehari $\frac{3}{4}$ gelas.

e. Bisul

Cara pemakaian: Daun sirsak yang masih muda secukupnya ditumbuk halus dan ditambah $\frac{1}{2}$ sendok air, diaduk sampai merata, ditempelkan pada bagian bisul.

5. Daun Jambu (*Psidium Guajava*)

Bagian yang digunakan daun.

Khasiat dan manfaat:

a. Disentri

Cara pemakaian: Daun jambu biji 6 gram, kayu secang 1 gram, rasuk angin 1 gram, daun patikan cina 5 gram, daun pegagan 7 gram, kayu ules 2 buah, kayu ules 2 buah, bawang merah 1 umbi, air 120 ml. Dibuat Infus diminum 2 kali sehari (pagi dan sore) tiap kali minum 100 ml diulang selama 4 hari.

b. Mencret

Cara pemakaian: Daun biji jambu muda 9 helai, kunyit 1 jari, biji kedawung (disangrai) 4 butir, rasuk angis 4 gram, air 100 ml, dibuat infus, diminum 2 kali sehari, tiap kali minum 100 ml diulang selama 4 hari.

6. Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus* (B1) Miq.)

Khasiat dan manfaat: Kencing batu, peluruh air seni, infeksi ginjal dan infeksi kandung kemih.

Cara pemakaian: 30-60 gr (kering) atau 90-120 (basah) direbus, atau yang kering/basah diseduh sebagai teh, diminum 2 kali sehari pagi dan sore.

7. Daun Sembung (*Blumea Balsamifera*)

Khasiat dan manfaat:

a. Meningkatkan empedu

Cara pemakaian: Daun sembung 4 helai, air 110 ml direbus sampai mendidih diminum 1 kali sehari 100 ml.

b. Salesma

Cara pemakaian: Daun sembung 5 helai, daun sembukan 1 genggam, air 110 ml, dibuat infus atau dipipis, diminum 2 kali sehari, tiap kali minum 100 ml apabila dipipis diminum 2 kali sehari dan tiap kali minum $\frac{1}{4}$ cangkir.

c. Demam

Cara pemakaian: Daun sembung secukupnya, air 1 panci, direbus sampai mendidih lalu basahi handuk dengan ramuan tersebut kemudian gunakan untuk membasuh badanm muka, kaki dan tangan.

8. Kencur (*Kaemferia Galanga*)

Bagian yang digunakan: rimpang/akar Khasiat dan manfaat:

- a. Masuk angin/sakit kepala/radang lambung
2 rimpang kencur sebesar ibu jari dikuliti sampai bersih dan dikunyah; ditelan airnya dan dibuang ampasnya kemudian minum segelas air putih lalu diulangi sampai sembuh.
- b. Batuk/menghilangkan darah kotor/diare
1 rimpang kencur sebesar ibu jari dan garam secukupnya, kencur diparut kemudian ditambah 1 cangkir air hangat, diperas dan disaring. Diminum dengan ditambah garam secukupnya.
- c. sp
2 rimpang kencur digerus/ditumbuk sampai halus lalu ditempel ke bagian tubuh yang keseleo.

9. Katuk (*Sauropus Androgynus*)

Bagian yang digunakan daun.

Khasiat dan manfaat:

- a. Memperlancar ASI
Untuk memperlancar ASI, 200 gram daun katuk direbus dengan 1,5 gelas air selama 15 menit, setelah dingin disaring lalu diminum, bisa juga dibuat sayur lalu dimakan.
- b. Obat bisul
Untuk bisul, daun segar dilumatkan, tempelkan ke bagian yang sakit.

10. Meniran (*Pyillanthus Niruri*)

Bagian yang digunakan seluruh tanaman.

Khasiat dan manfaat:

- a. Peluruh dahak dan penambah nafsu makan.
Caranya adalah: 30-60 gram meniran direbus dalam 3 gelas air hingga tersisa 1 gelas. Setelah dingin disaring lalu diminum.
- b. Mengobati luka dalam setelah melahirkan/pendarahan dan mengobati kista
Cara pemakaian: 3 tangkai daun meniran yang tinggi/sudah besar direbus dengan akarnya lalu diminum airnya.

Bab 7

Farmakognosi Berbasis Teknologi

7.1 Perkembangan Farmakognosi

Penerapan farmakognosi deskriptif dan mikroskopis berkembang pada abad ke 19 dan ke 20 dan memberikan dasar untuk mengatur penggunaan tanaman dalam sistem pelayanan kesehatan berdasarkan definisi farmakope. Namun, selama tahun 1960an dan 1970an, farmakognosi mulai beralih dari studi botani deskriptif menjadi kimia yang lebih terintegrasi dan berfokus pada biologis (Elufioye and Badal, 2017).

Pada akhir tahun 1960an, farmakognosi sebagai ilmu pendidikan farmasi terutama dikaitkan dengan botani. Pada tahap ini, sebagian besar berkaitan dengan identifikasi makro dan mikroskopis, deskripsi, dan otentikasi obat. Bidang farmakognosi ini disebut sebagai farmakognosi klasik dan secara keseluruhan masih mempunyai kepentingan mendasar terutama untuk tujuan standardisasi awal dan proses pengendalian mutu yang membantu dalam pengembangan standar farmakope. Pada identifikasi mikroskopis bahan tanaman dan penentuan data kuantitatif diberi perhatian khusus seperti benda asing, nilai abu dan kadar air. Selanjutnya, sidik jari kromatografi, khususnya KLT digunakan untuk tujuan identifikasi dan standardisasi. Farmakognosi

klasik ini, yang awalnya berfokus pada evaluasi kognostik farmasi tanaman, telah diperluas hingga mencakup bentuk-bentuk alami lainnya, seperti berbagai jenis mikroba dan organisme laut (Elufioye and Badal, 2017).

Seiring berjalannya waktu, farmakognosi klasik berkembang menuju disiplin kimia dan biologi yang lebih terspesialisasi yang berkaitan dengan isolasi dan karakterisasi prinsip aktif biologi dari sumber alami serta evaluasi hubungan aktivitas struktur isolat untuk tujuan mengoptimalkan pengembangannya menjadi agen obat untuk penggunaan klinis. Identifikasi DNA produk alami sebagai standar peraturan juga menjadi fokus saat ini dalam Farmakognosi (Elufioye and Badal, 2017)

Saat ini, farmakognosi sebagai departemen akademis yang sudah mapan di beberapa sekolah farmasi di seluruh dunia, meskipun namanya mungkin telah digantikan oleh istilah-istilah seperti biologi farmasi, fitokimia, dan penelitian produk alami di negara-negara tertentu. Bidang penelitian yang melibatkan ahli farmakognosi, termasuk kimia analitik, pengembangan metode penilaian bioaktivitas, biokatalisis, biosintesis, bioteknologi, biologi sel, kemotaksonomi, studi klinis, budidaya tanaman obat, etnobotani, genetika, kimia kelautan, biotransformasi mikroba, biologi molekuler, modifikasi sintetik bahan alam, farmakologi, fitokimia, fitoterapi, standardisasi obat tradisional, taksonomi, kultur jaringan, dan zoofarmakognosi (Kinghorn, 2012).

Ruang lingkup farmakognosi telah mengalami perubahan dan perkembangan sesuai dengan jamannya. Farmakognosi ini merupakan pengetahuan tentang obat. Dengan masuknya bioteknologi ke dalam farmakognosi, kemampuan farmakognosi akan meningkat dari mode deskripsi dan pengenalan menjadi model pengendalian dan rancangan produk yang dinamakan Farmakobioteknologi.

7.2 Bioteknologi Tanaman

Saat ini populasi penduduk di Indonesia diprediksi akan meningkat. Peningkatan jumlah penduduk tidak diimbangi dengan peningkatan ketersediaan produksi pertanian, khususnya tanaman pangan. Selain masalah peningkatan jumlah penduduk, masalah lain seperti berubahnya iklim, meningkatnya emisi gas rumah kaca dan peningkatan lahan marginal juga menjadi kendala dalam bidang pertanian. Masalah-masalah tersebut bisa

diatasi dengan dibutuhkan pendekatan teknologi, salah satunya adalah bioteknologi. Pemanfaatan bioteknologi ini akan mampu dalam peningkatan ketahanan pangan, penghasil pangan yang sehat dan pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan produksi pertanian (Wardani et al., 2017).

Bioteknologi tanaman adalah penerapan teknologi baik bioteknologi konvensional maupun bioteknologi modern dengan memfokuskan pada perbaikan sifat tanaman secara spesifik, sehingga menghasilkan varietas unggul demi pemenuhan kebutuhan manusia (Ningsih et al., 2021). Bioteknologi tanaman ini bertujuan merekayasa genetik tanaman, sehingga diperoleh sifat tanaman lebih unggul dari sebelumnya. Hal tersebut bisa didapatkan dengan pemuliaan tanaman konvensional melalui persilangan-persilangan tetua yang memiliki sifat yang dikehendaki. Kemudian dilakukan penyeleksian yang bertujuan dalam penggabungan sifat baik dari tetua-tetua pada keturunannya, sehingga diperoleh varietas unggul baru (Raharjo, 2013). Namun pemuliaan tanaman konvensional memiliki beberapa kelemahan yaitu perbaikan sifat tidak terarah, memerlukan waktu cukup lama untuk menghasilkan varietas unggul baru dan sulit untuk dilakukan penggabungan sifat tanaman yang berasal dari tanaman tidak sejenis. Hal ini dapat dilakukan dengan bioteknologi modern yaitu melibatkan rekayasa genetika (Yuwono, 2016; Ningsih et al., 2021). Metode bioteknologi tanaman ini meliputi teknologi kultur in vitro dan rekayasa genetika. Pengerjaan kultur in vitro ini berhubungan dengan rekayasa genetika, karena teknologi rekayasa genetika juga memerlukan kultur in vitro (Ningsih et al., 2021).

7.2.1 Teknologi Kultur In Vitro Tanaman

Kultur in vitro disebut juga dengan kultur jaringan (tissue culture). Teknologi kultur in vitro tanaman (kultur jaringan) didefinisikan sebagai metode maupun teknik dalam mengisolasi sel, jaringan dan organ pada tanaman yang menginduksi bagian tersebut pada media yang mengandung banyak nutrisi dan zat pengatur tumbuh yang dilakukan dalam suatu tempat dengan kondisi serba terkendali yang menyangkut pencahayaan, pengaturan suhu dan dalam kondisi aseptik (Oratmangun et al., 2017; Sutini et al., 2023). Teknologi kultur in vitro tanaman juga dapat di definisikan suatu metode teknologi yang dilakukan dalam memproduksi benih tanaman dan juga bisa menghasilkan metabolit sekunder jika dibutuhkan oleh konsumen atau industri (Sutini et al., 2023). Metode teknologi kultur in vitro ini bertujuan untuk menghasilkan tanaman dengan pembiakan yang cepat (Ashar et al., 2023).

Menurut Ningsih et al., (2021), untuk memperoleh keragaman genetik dalam kultur *in vitro* ada beberapa teknologi yang dapat digunakan di antaranya sebagai berikut:

1. Teknologi Haploid

Teknologi haploid merupakan suatu teknologi berpotensi dalam peningkatan efektivitas dan efisiensi untuk pengembangan benih hibrida. Dengan teknologi haploid ini, calon tetua pada bentuk inbrida homozigot digunakan dalam pengembangan dan produksi benih hibrida yang hanya bisa diproduksi pada satu generasi yang berbentuk tanaman haploid ganda homozigot dalam karakter yang seragam, sedangkan jika dibandingkan pemuliaan tanaman secara umum atau konvensional dalam penyerbukan sendiri, dibutuhkan lima sampai tujuh generasi untuk menghasilkan tanaman homozigot baru dan tidak seragam untuk semua karakter (Supena, 2018).

Teknik embriogenesis mikrospora, baik melalui kultur anther atau kultur mikrospora merupakan salah satu cara untuk meregenerasikan tanaman haploid. Tanaman haploid ini dapat diregenerasikan melalui kultur *in vitro* secara langsung, baik dari sel jantan atau dari sel betina dengan tidak dilakukan proses fertilisasi. Dibanding dengan tanaman diploid, tanaman haploid lebih bersifat steril (Thao et al., 2003). Induk haploid dengan tanaman hasil penggandaan (double-haploid) bersifat sama yaitu bersifat homozigot. Namun untuk individu double-haploid bersifat fertile. Oleh karena itu, individu double-haploid dapat diperbanyak secara seksual (Ningsih et al., 2021).

2. Teknologi Kultur Protoplas

Kultur protoplas (fusi protoplas) yaitu suatu teknik kultur jaringan yang telah banyak dibutuhkan dalam program pemuliaan tanaman pada waktu yang sangat singkat. Metode ini dipergunakan untuk mengatasi masalah tanaman yang sulit atau tidak mungkin disilangkan secara konvensional serta digunakan untuk perbaikan spesies dengan mentransfer suatu gen yang dikehendaki dari tanaman donor ke tanaman target melalui fusi protoplas. Fusi protoplas

memungkinkan dihasilkannya tanaman yang tahan terhadap suatu penyakit dan berbagai cekaman abiotik, laju pertumbuhan yang cepat serta memiliki kuantitas dan kualitas metabolit yang lebih baik dibandingkan induknya. Keberhasilan peleburan dan regenerasi protoplas menjadi tanaman utuh yang memengaruhi berbagai faktor, meliputi sumber eksplan, komposisi larutan enzim dan lama inkubasi, jenis fusogen, dan media kultur untuk regenerasi (Armita, 2020). Adanya fusi protoplas memungkinkan untuk melakukan hibridisasi somatik antar spesies yang tidak kompatibel secara seksual, menghasilkan galur tanaman heterozigot yang berasal dari satu spesies tanaman normal yang hanya bisa dikembangbiakan secara vegetatif, mentransfer Sebagian gen dari spesies tanaman yang berbeda dengan cara penghilangan kromosom (chromosome elimination), dan mentransfer informasi gen yang ada pada sitoplasma dari galur atau spesies yang berbeda. Ada dua kemungkinan yang akan dihasilkan dari fusi protoplas yaitu hybrid (kedua nukleus dari dua spesies benar-benar menyatu) dan cybrid atau heteroplasma (hanya sitoplasma dari kedua spesies yang menyatu, sedangkan salah satu nukleus dari kedua spesies hilang) (Yuwono, 2016).

Kultur protoplas juga dikenal sebagai hibridisasi somatic yaitu suatu teknik kultur jaringan untuk peningkatan keragaman genetik tanaman dengan penggabungan dua spesies materi genetik tanaman berbeda dalam pembuatan tanaman hibrida (Nurhasanah and Sunaryo, 2019). Fusi protoplas dari hasil dua tetua akan memiliki variabilitas genetik tinggi untuk ketahanan pada infeksi penyakit, dari mulai kategori rentan sampai resistansi pada infeksi (Armita, 2020). Keberhasilan suatu kultur atau fusi protoplas akan memengaruhi sumber eksplan, kandungan larutan enzim, waktu selama inkubasi jenis fusogen serta penggunaan media kultur dalam meregenerasikan protoplas dengan organogenesis maupun embriogenesis dalam suatu pembentukan kalus (Wijanarka et al., 2015).

Teknologi isolasi protoplas semakin maju pesat dan tahun 1972 penelitian-penelitian terkait kultur protoplas terus dikembangkan. Protoplas dapat diinduksi untuk membelah diri dan beregenerasi membentuk dinding sel Kembali, selanjutnya sel akan mengalami pembelahan dan akhirnya akan membentuk kalus. Kemudian kalus tersebut disubkulturkan dan ditumbuhkan dalam medium untuk proses embriogenesis. Embrio yang dihasilkan dari proses embriogenesis akan berkembang lebih lanjut menjadi kecambah hingga menjadi tanaman lengkap (Bhojwani and Dantu, 2013).

3. Variasi Somaklonal

Variasi somaklonal merupakan bentuk perubahan genetik, epigenetik, ataupun perubahan fenotipe, kariotipe, fisiologi, biokimia atau jenis pada tingkat molekuler pada populasi tanaman dengan kultur jaringan atau sel yang terjadi baik pada sel somatik yaitu sel daun, sel akar, sel batang, serta sel induk (Lestari et al., 2016; Anil, Bennur and Lobo, 2018). Teknik ini berasal dari suatu perubahan pada eksplan tanaman yang berasal dari penginduksian kultur secara *in vitro* dari suatu media dan lingkungan. Variasi somaklonal dipengaruhi oleh penghilangan karena adanya proses kultur yang menginisiasi munculnya variasi genetik yang begitu penting dalam pengembangan basis genetik untuk suatu program pemuliaan dan konservasi pada tanaman (Sato, Hosokawa and Doi, 2011; Krishna et al., 2016).

Variasi somaklonal bisa berubah tetapi bukan akibat dari segregasi atau rekombinasi gen, seperti mengalami proses persilangan, namun akibat adanya mutasi genetik pada eksplan yang ditanam pada suatu kondisi *in vitro*. Variasi somaklonal dari tanaman akan mengalami mutasi atau penyimpangan sitologi, sehingga dapat muncul perubahan struktur kromosom, kerusakan kromosom (delesi, duplikasi, inversi dan translokasi), perubahan metilasi kromatin dan jumlah kromosom (Delgado-Paredes et al., 2017). Variasi somaklonal diwariskan secara seksual ke generasi seterusnya atau turunannya yang bersifat stabil, akan tetapi variasi somaklonal yang bersifat epigenetik akan kehilangan jika dilakukan penurunan secara seksual.

Teknologi pada kultur jaringan ini diinisiasi oleh penambahan zat pengatur tumbuh, seperti penggunaan auksin 2,4-D dan 2,4,5-T, konsentrasi penggunaan ZPT (zat pengatur tumbuh), waktu tahap pertumbuhan kalus, dan penggunaan jenis kultur (sel, protoplasma atau kalus), cahaya, kelembaban dan transpirasi. Penyusunan tanaman dengan teknologi ini telah diterapkan dalam memperoleh tanaman yang toleran pada kekeringan, salinitas atau kadar tinggi, pH rendah atau tinggi serta ketahanan pada penyakit (Sato, Hosokawa and Doi, 2011). Faktor yang menimbulkan terjadinya variasi somaklonal yaitu: (1) Organisasi sel dari sumber eksplan yang digunakan, (2) Variasi jaringan yang digunakan sebagai sumber eksplan, (3) Akibat ketidaknormalan pembelahan sel selama proses regenerasi (Yuwono, 2016).

4. Mutagenesis In Vitro

Mutagenesis merupakan induksi perubahan gen melalui kultur sel in vitro dengan perlakuan mutagenik kimia atau fisika yang selanjutnya dilakukan pemeliharaan sel mutan dan meregenerasi tanaman mutan (Ningsih et al., 2021). Prinsip pada mutagenesis in vitro ini adalah mengatasi kerusakan DNA genom pada populasi di sel tertentu dan memungkinkan sel yang rusak tersebut berkembang biak secara cepat, sehingga kerusakan yang ditimbulkan relatif kecil pada urutan nukleotida DNA. Pada akhirnya, hanya populasi sel yang dipilih dengan mutasi di gen tertentu yang berhasil beregenerasi menjadi galur tanaman mutan. Tanaman mutan yang diperoleh melalui mutagenesis kemudian dilakukan pengujian dan seleksi lebih lanjut. Namun cara ini jarang digunakan karena mutasi diakibatkan mutagen kimia atau fisika merusak komponen DNA genom tanaman yang pada akhirnya dapat menimbulkan sifat-sifat yang tidak diinginkan. Kerusakan DNA yang terjadi karena hilangnya atau rekayasa nukleotida atau translokasi fragmen DNA yang berubah menjadi kromosom. Fenotipe suatu tanaman tidak akan terjadi perubahan apabila mengalami hilangnya atau substitusi yang berbasis pasangan, sebagai contoh misalnya tiga basis kodon dalam satu gen

(Zulkarnain, 2004). Metoda mutagenesis memberikan keuntungan yaitu meliputi material tanaman dengan memperbanyak sangat cepat sampai mencapai populasi cukup besar sebelum dilakukan perlakuan, peningkatan frekuensi variasi somaklonal, potensi pemulihan sel bermutasi akan meningkat seiring menurunnya kompetisi somatik karena terjadi perubahan kondisi pada kultur, termasuk penambahan sitokinin pada media, dan meningkatkan efisiensi yang ditimbulkan dari mempercepat produksi mutant oleh peningkatan kecepatan perkembangbiakan dan generasi dengan jumlah yang lebih banyak (Ahloowalia, 1998). Keberhasilan mutagenesis secara *in vitro* salah satunya ditentukan oleh kesesuaian dalam teknik perbanyakan pada tanaman secara *in vitro*.

7.2.2 Teknologi Rekayasa Genetika

Teknologi rekayasa genetika yaitu sebagai suatu teknik memanipulasi atau merubah susunan suatu asam nukleat dari DNA (gen) atau dengan menyelipkan suatu gen yang baru pada struktur DNA organisme penerima. Penyelipan tersebut bisa berasal dari organisme manapun. Contohnya, suatu gen berasal dari bakteri dilakukan penyelipan ke kromosom tanaman, dan begitu juga gen dari tanaman bisa diselipkan di kromosom bakteri. Gen pada serangga bisa diselipkan di tanaman atau gen pada babi bisa diselipkan di bakteri, atau gen pada manusia diselipkan di kromosom bakteri. Tanaman lebih mudah direkayasa secara genetik dari pada sebagian besar hewan. Bagi banyak spesies tanaman, satu sel jaringan yang ditemukan dalam kultur dapat berkembang menjadi tanaman dewasa (sifat totipotensi), sehingga manipulasi genetik dapat dilakukan pada sel somatik dan sel tersebut selanjutnya dipergunakan dalam memproduksi organisme yang memiliki sifat baru (Campbell et al., 2008).

Teknologi rekayasa genetika merupakan metode pemuliaan yang secara konvensional digunakan untuk meningkatkan karakteristik organisme. Misalnya saja pada suatu tanaman, teknologi ini dapat digunakan dalam peningkatan ketahanan tanaman daricekaman biotik dan abiotik, 2 faktor yang menurunkan produktivitas tanaman. Selain itu juga bisa digunakan untuk meningkatkan kandungan atau kadar nutrisi tanaman dan memproduksi vaksin tanaman (Estiati and Herman, 2015).

Prinsip dasar suatu pemuliaan tanaman adalah memasukkan gen yang membawa sifat baik dengan diperoleh dari kerabat jauh atau spesies liar pada suatu kromosom tanaman. Untuk melakukan hal ini, dibutuhkan banyak waktu melalui pembiakan selektif. Dengan menggunakan teknologi DNA rekombinan dan bantuan peralatan modern, pemulia tanaman dapat memasukkan gen yang bersumber dari organisme apa pun ke dalam tanaman. Selain itu, teknologi DNA rekombinan dapat dilakukakan penggabungan dengan biologi molekuler dalam kloning gen dapat membantu program pemuliaan tanaman dalam mengidentifikasi gen yang memberikan sifat tertentu, misal tahan hama dan penyakit yang terkena tekanan pada abiotik. Pemuliaan pada molekuler yaitu istilah untuk penggambaran penerapan atau pengaplikasian teknologi genetika molekuler untuk memperkenalkan sifat baru yang diinginkan ke suatu program pemuliaan tanaman (Karp et al., 1998). Tanaman hasil dari rekayasa genetika disebut tanaman transgenik yang dikenal dengan istilah “genetically modified organism” atau GMO (Zulkarnain, 2004).

7.3 Contoh Penerapan Bioteknologi Tanaman

7.3.1 Contoh Penerapan Teknologi Kultur In Vitro Tanaman

Teknologi kultur in vitro tanaman sebagai suatu metode yang meliputi langkah-langkah sebagai berikut: (1) menyiapkan sarana dan prasarana dalam kondisi benar-benar steril (aseptis), termasuk lokasi, bahan dan peralatan, (2) menyiapkan media dasar yang dipilih sesuai dengan kultivar yang akan diproduksi, (3) melakukan kultur benih dan teknik untuk memperoleh metabolit sekunder (Sutini et al., 2023).

Contoh penerapan teknologi kultur in vitro yaitu salah satunya untuk mengatasi permasalahan pemenuhan sumber benih anggrek yang cukup. Setiap tahapan untuk produksi anggrek sering kali memerlukan input atau masukan teknologi, khususnya teknologi kultur in vitro atau kultur jaringan (tissue culture) yang diketahui sudah efektif. Kultur in vitro ini digunakan untuk memperbanyak anggrek (mikropropagasi) atau untuk perkecambahan

benih anggrek (Solichatun et al., 2020). Berikut beberapa contoh teknologi kultur in vitro tanaman yang telah dilakukan.

Tabel 7.1: Teknologi Kultur In Vitro Tanaman

Tanaman	Macam teknologi Kultur in	Pustaka
Cabai	Haploid	(Supena, 2018)
Padi	Protoplas	(Sukmadjaja <i>et al.</i> , 2007)
Ubi kayu	Variasi Somaklonal	(Ramadanti, Putri and Hartati,
Porang	Mutagenesis	(Poerba <i>et al.</i> , 2016)

7.3.2 Contoh Penerapan Teknologi Rekayasa Genetik Tanaman

Teknologi rekayasa genetika sebagai suatu bentuk dari bioteknologi modern dengan menggunakan pendekatan teknologi DNA rekombinan yang dipadukan dengan genetika molekuler (Ningsih et al., 2021). Tanaman pada pertanian yang dihasilkan dengan rekayasa genetika dikategorikan mengikuti suatu struktur dan strategi yang telah digunakan untuk memperbanyak tanaman transgenik, diklasifikasikan dalam empat generasi (Prianto and Yudhasmita, 2017). Pada generasi yang pertama atau sifatnya tunggal, sering digunakan tumbuhan yang mengandung unsur transgenik. Pada generasi kedua, tanaman umumnya sebagai hasil mutasi atau persilangan antara generasi komersial yang pertama. Generasi yang ketiga, tanaman ini disebut dengan near-intragenics di mana unsur transgeniknya tidak dapat digunakan pada tanaman transgenik lainnya dan generasi yang keempat merupakan tanaman tergolong gen intragenik ataupun cisgenik. Beberapa contoh keberhasilan dari penerapan teknologi rekayasa genetika yaitu Padi atau beras Bt yang kebal atau kuat terhadap hama batang, papaya kebal terhadap penyakit, papaya tahan terhadap ringspot virus, jagung Bt dan kapas Bt kebal terhadap hama Lepidoptera, kedelai yang toleran herbisida, tomat Flavr Savr yang masak terlambat, beta carotene yang dikandung Golden rice pada endosperma dan pisang sebagai penghasil vaksin (Estiati and Herman, 2015).

Bab 8

Standardisasi dan Sertifikasi Produk Herbal

8.1 Produk Herbal

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tanaman sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sebuah produk yang dapat dikonsumsi masyarakat. Sejak jaman dahulu kala manfaat dari berbagai tumbuhan sudah dilakukan oleh masyarakat dengan kepercayaan bahwa sumber bahan dapat menyembuhkan penyakit atau gejala tertentu meskipun belum ada pemeriksaan secara ilmiah yang menjadi dasar penggunaan tanaman. Pengertian dari produk herbal yaitu produk yang memiliki sumber dari alam, mengalami proses tertentu atau dalam bentuk aslinya. Sumber bisa berupa tumbuhan, berasal dari hewan atau sumber mineral tertentu. Proses pembuatan bahan kering dengan panas alami yaitu sinar matahari atau menggunakan alat tertentu seperti oven. Produk herbal yang ada di Indonesia dapat berupa Jamu, OHT, dan Fitofarmaka. Dengan adanya kasus pandemi seperti Covid-19, masyarakat memiliki pola pikir dan pola hidup kembali kepada alam atau back to nature, hal ini juga memengaruhi segmentasi dan pangsa pasar produk herbal menjadi meningkat seiring bertambahnya daya beli konsumen terhadap penggunaan bahan-bahan alami yang bertujuan untuk menjaga kesehatan tubuh.

Produk herbal yang ada di Indonesia sangat beragam dan dapat diproduksi dalam skala kecil maupun besar sehingga mudah ditemukan di tempat resmi yang memiliki izin, toko, atau kedai makanan. Masyarakat sebagai konsumen produk herbal mempertimbangkan kemudahan dalam mendapatkan produk disertai dengan khasiat yang didapatkan dan harga yang terjangkau, selain itu aspek kehalalan, varian rasa, serta adanya koneksi dan komunikasi dengan penjual menjadi pertimbangan dalam pembelian produk herbal. Konsumen memperoleh informasi mengenai produk dari teman, keluarga, media elektronik, atau brosur (Puji Dyah Nurhayati et al., 2022)

Produk herbal yang tersebar sangat beragam dari merek yang sudah terkenal dan diingat oleh masyarakat maupun produk yang dibuat secara sederhana oleh usaha kecil atau usaha mikro obat tradisional. Produk herbal yang dijual di kalangan masyarakat antara lain adalah jamu tradisional dalam kemasan serbuk maupun bentuk minuman, racikan bahan-bahan secara langsung seperti racikan wedang uwuh dalam kemasan sederhana, madu, obat herbal terstandar, atau fitofarmaka yang di mana produk tersebut menyebutkan khasiat sebagai suplemen yang dapat meningkatkan kesehatan atau menyembuhkan penyakit-penyakit tertentu.

Masyarakat memiliki kecenderungan untuk mengkonsumsi produk herbal dibandingkan produk sintesis, padahal tidak semua produk herbal yang dapat dikonsumsi masyarakat sudah mengantongi ijin edar dan BPOM, banyak juga yang tidak memiliki legalitas produk. Hal ini menjadi perhatian khusus di mana masyarakat harus lebih jeli dan teliti pada saat membeli produk herbal. Oleh karena itu perlu adanya sebuah standar yang dipenuhi oleh pelaku usaha produk herbal agar manfaat dan khasiat yang disebutkan dalam produk disertai dengan kepercayaan terhadap kualitas produk yang baik.

8.2 Standardisasi Produk Herbal

Produk herbal atau obat tradisional disebut dengan jamu, dengan sumber bahan yang dikeringkan tidak melalui proses pengolahan lebih lanjut, penggunaannya didasarkan pada pengalaman dan belum menggunakan bahan baku yang terstandar, oleh karena itu jamu kemudian diteliti khasiat, komposisi, maupun cara pembuatan yang optimal sehingga didapatkan sediaan berupa obat herbal terstandar yang sudah melewati uji khasiat dan keamanan melalui uji pra-klinik sedangkan khasiat fitofarmaka sudah dibuktikan melalui

uji klinik dengan bahan baku yang telah terstandar (BPOM, 2019). Logo dari ketiga jenis obat tradisional Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.

Pelaku usaha obat tradisional perlu untuk yaitu dalam hal pemenuhan kualitas bahan baku atau produk yang sudah jadi, persyaratan tersebut sesuai dengan ketentuan dalam Farmakope Herbal Indonesia, Materia Medika, atau data ilmiah yang dapat dipercaya. Bahan baku atau produk jadi yang sudah beredar di pasaran di antaranya jamu, obat tradisional baik lokal maupun impor yang berlisensi, obat herbal terstandar, dan fitofarmaka. Bentuk dari produk dapat berupa serbuk, serbuk instan, bahan yang dirajang, pil, kapsul, atau tablet yang digunakan sebagai obat dalam, dan obat yang digunakan selain diminum dapat berupa sediaan cair, padat seperti palem padat, tapel, atau semipadat seperti krim, gel.



Gambar 8.1: Logo Jamu, OHT, dan Fitofarmaka

Persyaratan keamanan yang wajib dipenuhi dilakukan dengan cara standardisasi produk herbal meliputi dua parameter, di mana kedua nya secara garis besar menggambarkan karakteristik bahan herbal secara umum atau biasa disebut non spesifik maupun secara khusus atau spesifik. Produk herbal seperti jamu yang menggunakan bahan baku baik dalam bentuk serbuk atau simplisia perlu dilakukan standardisasi agar kualitas produk baik, sesuai ketentuan, dan aman untuk digunakan oleh masyarakat secara luas.

8.2.1 Standardisasi sebagai jaminan mutu produk

Dalam memenuhi mutu kefarmasian, terdapat sebuah parameter prosedur yang dapat dilakukan dengan cara pengukuran tertentu atau biasa disebut dengan Standardisasi. Dalam hal standardisasi produk herbal, pelaku usaha perlu melakukan beberapa pengujian kimia, biologis, dan farmasi sesuai persyaratan. Standardisasi yang telah dilakukan sebagai jaminan pembuatan produk melalui metode ilmiah dan memenuhi parameter tertentu yang harus dipenuhi.

Standardisasi perlu dilakukan untuk mencapai derajat kualitas yang sama baik dari bahan baku produk dalam bentuk simplisia, ekstrak, maupun produk

ekstrak. Tujuan standardisasi berkaitan dengan keseragaman bahan baku maupun produk yang dihasilkan oleh pelaku usaha dikarenakan faktor biologi dan kimia yang memengaruhi kualitas bahan baku. Faktor biologi seperti lingkungan tempat tumbuh, kondisi lingkungan (kandungan tanah, kandungan air) serta cuaca dan kelembapan menghasilkan karakter bahan tertentu antara satu daerah dengan daerah yang lainnya dapat dihasilkan karakter maupun kandungan metabolit sekunder yang sedikit berbeda.

Standardisasi secara farmasetika contohnya adalah standardisasi pada bahan kering atau simplisia, proses pembuatan produk herbal dan jika dibuat dalam bentuk cairan termasuk pelarut produk, standardisasi ekstrak, standardisasi sediaan jadi, di mana parameter yang dilihat dibagi menjadi parameter umum dan parameter khusus. Selain itu, dapat dilakukan pengujian pra-klinik baik sekala laboratorium maupun dengan menggunakan hewan atau makhluk hidup, pengujian klinik ke manusia jika akan membuat produk fitofarmaka (Reni Yuslianti et al., 2016).

Parameter khusus akan menjelaskan mengenai karakteristik bahan yang khas atau terdapat hanya dalam bahan itu sedangkan parameter umum melihat karakteristik kimia seperti berat jenis, kadar air maupun aspek mikrobiologi. Pemenuhan parameter ini menjadi tolak ukur kualitas bahan, apakah bahan tersebut aman untuk dijadikan produk herbal. Standardisasi produk herbal dimulai dari pemenuhan bahan baku yang standar atau produk dan bisa dilakukan untuk proses baik proses produksi maupun peralatan yang digunakan untuk memproduksi produk herbal. Standardisasi produksi meliputi pemilihan pengolahan bahan awal atau bahan baku, pengemasan produk, pengawasan mutu selama proses produksi, dan produk jadi sedangkan standardisasi peralatan mencakup rancang bangun dan konstruksi, pemasangan alat, prosedur pengujian dan produksi, penempatan alat, jenis peralatan yang digunakan.

Semua proses standardisasi ini memberikan keuntungan tidak hanya bagi produsen atau pelaku usaha maupun konsumen. Pada pelaku usaha, jaminan bahwa produk yang dihasilkan telah melewati standardisasi akan meningkatkan kepercayaan masyarakat karena produk yang dihasilkan sesuai standar dan bermutu, sejalan dengan itu masyarakat mendapatkan rasa aman atau jaminan produk herbal memiliki mutu yang baik. Dalam produksi produk herbal dan kosmetik herbal, pada kenyataannya masih ada pelaku usaha yang belum menerapkan standardisasi meskipun produknya sudah banyak dikonsumsi di masyarakat. Hal ini dapat didukung dengan adanya pemberian

edukasi proses standardisasi yang dilakukan oleh apoteker dengan kompetensi di bidang kesehatan khususnya produk herbal (putra, pandawani and citra, 2015)

8.2.2 Parameter Umum

Parameter umum bisa disebut juga dengan parameter non spesifik, seperti pengujian berat jenis, kadar air, dan susut pengeringan melihat secara fisik bahan atau produk, kadar abu dan kadar abu tidak larut asam berkaitan dengan kandungan kimia produk, pelarut organik yang mungkin terdapat dalam produk herbal, jumlah cemaran seperti logam dan mikrobiologi termasuk juga sisa pestisida yang didapatkan selama proses penanaman hingga pemanenan. Penjelasan mengenai parameter ini dapat dilihat pada tabel 8.1.

Tabel 8.1: Parameter Non Spesifik dalam Standardisasi produk herbal

No	Paramater umum	Penjelasan
1	Berat Jenis	<p>Berat jenis adalah massa per volume, pada kondisi suhu 25°C dilakukan pengujian untuk melihat nilai dari BJ sebuah bahan atau produk. nilai dari bobot jenis yang didapatkan memberikan informasi yang berkaitan dengan kekentalan dari bahan. Produk yang terlalu kental seperti ekstrak pekat akan sulit untuk dituang dari wadah.</p> <p>Proses pengujian dengan piknometer dan air dengan kondisi suhu 25°C. perhitungan antara bobot bahan (simplisia atau ekstrak) yang diperoleh kemudian dibagi dengan bobot air yang digunakan akan menunjukkan nilai BJ dari bahan atau produk tersebut</p>
2	Susut Pengeringan	<p>Senyawa tertentu dapat hilang pada saat bahan dikeringkan, hilangnya senyawa dapat dilihat dari pengujian ini. Jika bahan yang diuji tidak ada kandungan minyak atsiri atau menggunakan pelarut organik tertentu maka dapat disamakan dengan pengujian kadar air</p> <p>Proses pengujian menggunakan alat botol timbang dangkal tertutup, proses pemanasan dilakukan pada suhu 105°C dengan waktu 30 menit. Jika bobot sudah tetap proses dihentikan dan jika ekstrak sulit kering dapat ditambahkan silika. Nilai susut pengeringan didapatkan dengan</p>

No	Paramater umum	Penjelasan
		mengurangi berat sebelum dan sesudah pemanasan dalam bentuk persen (%).
3	Kadar air	<p>Kadar air berkaitan dengan stabilitas dan penyimpanan bahan dan juga pada kualitas bahan. Mikroorganisme seperti jamur, bakteri dapat hidup di air dan cemaran akan memengaruhi kandungan produk. Produk dikatakan memenuhi aspek ini jika diperoleh nilai kurang dari sama dengan sepuluh persen (%).</p> <p>Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri, destilasi, maupun titrasi di mana prosedur uji dari ketiga metode tersebut berbeda-beda. Nilai persen kadar air dapat diperoleh dari pengurangan bobot awal dan akhir pada metode gravimetri sedangkan pada metode destilasi dihitung dengan volume air hasil destilasi dibagi berat sampel.</p>
4	Kadar abu dan kadar abu tidak larut asam	<p>Senyawa non organik seperti mineral yang terdapat di dalam bahan termasuk dalam cemaran pada produk. Prinsip pengujian dengan pemanasan sehingga senyawa organik menguap dan senyawa anorganik serta mineral dapat dihitung. Berbeda dengan kada abu, cemaran logam pada bahan dapat diketahui dengan melakukan uji kadar abu tidak larut asam</p> <p>Pengujian dilakukan dengan menggunakan krus silikat dan proses pemijaran hingga arang habis pada suhu hingga 600C. tahap lanjutan dari perolehan kadar abu yaitu abu tidak larut asam di mana abu yang diperoleh ditambahkan asam sulfat encer. Nilai kadar abu dalam persen diperoleh dari hasil bobot yang tetap dibagi dengan berat bahan yang diuji</p>
6	Kadar Sisa Pelarut	<p>Ekstrak kental yang diperoleh dari hasil ekstraksi menggunakan pelarut organik akan mungkin terjadi sisa pelarut tertinggal di dalam ekstrak sehingga parameter ini bertujuan untuk menentukan kadar sisa pelarut di dalam ekstrak.</p> <p>Penentuan kadar sisa pelarut dapat dilakukan dengan metode destilasi atau kromatografi gas-cair. Metode disesuaikan dengan yang tertera di monografi bahan. Jumlah sisa pelarut</p>

No	Paramater umum	Penjelasan
		harus dapat terdeteksi dalam jumlah yang sedikit karena berkaitan dengan keamanan, pelarut organik yang terkandung dalam jumlah yang besar tidak baik dan dapat membahayakan kesehatan
7	Cemaran Logam Berat	Jumlah logam dalam ekstrak akan berbahaya bagi kesehatan. Pengujian dengan metode spektroskopi serapan atom menggunakan larutan baku logam yang akan diuji. Nilai cemaran logam berat timbal $\leq 10 \text{ ppm}$, kadmium $\leq 0,3 \text{ ppm}$, arsen $\leq 5 \text{ ppm}$, dan raksa $\leq 0,5 \text{ ppm}$
8	Cemaran mikrobiologi atau mikroba	Mikroba patogen dan mikroba non patogen tidak boleh terdapat dalam bahan atau ekstrak dengan nilai batas yang sudah ditentukan. Mikroba akan berbaya bagi kesehatan dan juga akan mengganggu stabilitas serta khasiat dari bahan. Aspek cemaran mikroba yaitu angka lempeng total dengan nilai $\leq 5 \times 10^5$ koloni/g adalah standar yang harus dipenuhi, bahan juga tidak mengandung bakteri <i>clostridia</i> , <i>salmonella</i> , <i>shigella</i> di mana batas untuk bakteri <i>escherichia coli</i> $\leq 10^5$ koloni/g
9	Cemaran kapang, khamir, dan aflatoksin total	Prinsip pengujian ini adalah cemaran jamur, kapang, dan khamir dilakukan dengan mengambil cuplikan ekstrak kemudian dilakukan inokulasi dan inkubasi pada media tertntu. Pada uji aflatoksin dapat dilakukan pemisahan isolat aflatoksin dengan metode kromatografi lapis tipis. Nilai angka kapang khamir $\leq 5 \times 10^5$ koloni/g, nilai aflatoksin total $\leq 20 \mu\text{g/kg}$ di mana nilai aflatoksin B1 kurang dari sama dengan $5 \mu\text{g/kg}$
10	Residu atau sisa pestisida	Tumbuhan yang akan digunakan sebagai bahan baku dapat mengandung pestisida, baik ekstrak maupun simplisia tidak boleh terdapat kandungan pestisida dengan batas tertentu karena pestisida akan membahayakan kesehatan Metode kromatografi, seperti kromatografi lapis tipis (KLT) atau kromatografi gas dapat dilakukan dalam pengujian residu pestisida. jika tidak ada unsur nitrogen di dalam ekstrak dapat digunakan metode kromatografi gas

Standardisasi ekstrak kayu sanrego (*Lunasia amara Blanco*) menggunakan pelarut etil asetat, hasil pengujian menunjukkan karakteristik warna coklat tua, rasa sepat, dan bau khas, senyawa yang larut dalam etanol lebih besar dari senyawa yang dapat larut dalam pelarut air, dengan kadar air yang menunjukkan hasil dibawah 10 %, pengujian lain yang dilakukan adalah kadar abu, kadar abu tidak larut asam, berat jenis ekstrak, total cemaran bakteri dan kapang, serta kadar logam timbal yang mana keseluruhan hasil menunjukkan memenuhi syarat uji aspek dalam standardisasi (Anam et al., 2013).

8.2.3 Parameter Khusus

Aspek dalam parameter ini memberikan gambaran pada simplisia atau ekstrak yang khusus atau khas pada bahan tertentu. Parameter ini mencakup identitas, organoleptik, senyawa terlarut dalam pelarut air atau pelarut organik, kandungan kimia ekstrak melihat pola kromatogram dan atau kadar total golongan kandungan kimia. Parameter ini akan memberikan gambaran antara satu bahan dengan bahan lainnya meskipun bahan tersebut berasal dari famili yang sama. Identitas bahan meliputi penjelasan mengenai nama bahan seperti nama ekstrak, nama ilmiah bahan, bagian dari tumbuhan yang digunakan, serta nama khas yang ada di indonesia dari bahan tersebut, selain itu terdapat pula informasi mengenai senyawa identitas pada ekstrak. Senyawa identitas adalah senyawa kimia dalam tumbuhan yang dapat digunakan dalam analisa senyawa yang dapat bertujuan untuk kontrol kualitas. Selain senyawa identitas, perlu ada nya senyawa penciri (marker) sebagai kontrol kualitas lebih lanjut. Senyawa dengan aktivitas tertentu, senyawa yang menjadi kandungan utama dalam bahan, senyawa ciri dalam bahan, atau senyawa aktual merupakan empat kelompok kriteria senyawa penciri. Marker berfungsi sebagai standar spesifik saat tanaman mengalami komersialisasi atau penggunaan sebagai bahan baku dalam produk herbal (Prasetya, Arifuddin and Ibrahim, 2021).

Pengamatan secara langsung menggunakan panca indera dapat disebut dengan pengamatan organoleptik yaitu dilihat dari bentuk, warna, bau, dan rasa yang dapat mendeskripsikan produk atau bahan baku. Dalam hal bentuk, dapat dijelaskan sebagai bentuk padat, serbuk kering, kental, atau cair dan ragam jenis bau dapat ditulis dengan bau khas aromatik atau tidak memiliki bau. Uji organoleptis juga menjadi tolak ukur kesamaan produk yang dihasilkan dari suatu tanaman baik dalam bentuk simplisia kering atau ekstrak. Tanaman mengandung senyawa metabolit sekunder di mana masing-masing senyawa seperti alkaloid, flavonoid dan golongan senyawa fenol, minyak atsiri,

golongan terpen, antrakinon. Senyawa metabolit sekunder di dalam tanaman dapat dilihat dengan menggunakan parameter senyawa terlarut atau kadar sari larut dalam pelarut tertentu seperti air, etanol, heksana, diklorometan, metanol dengan menggunakan metode gravimetri.

Kandungan metabolit sekunder juga dapat diketahui dengan metode pola kromatogram untuk melihat gambaran mengenai komponen yang terdapat di bahan dengan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), kromatografi gas, atau Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Selain dengan menggunakan metode kromatografi, beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui kadar total golongan metabolit sekunder yaitu spektrofotometri, titrimetri, volumetri, gravimetri, atau metode lain yang sesuai untuk masing-masing senyawa. Validasi terhadap metode pengujian dapat dilakukan untuk menjamin bahwa metode yang dilakukan sudah betul atau sesuai, parameter validasi yang dapat dilakukan seperti linearitas, selektivitas, spesifisitas, dan lainnya.

8.3 Sertifikasi Produk Herbal

Produk herbal yang sudah dilakukan standardisasi akan memberikan kepercayaan pada masyarakat mengenai keamanan serta khasiatnya. Proses jaminan kualitas dapat dilihat dari berbagai aspek seperti perizinan, sertifikasi produk oleh lembaga yang bersangkutan seperti lembaga pengawasan obat dan makanan, Kementerian, atau Lembaga Pengkajian Pangan, Obat-obatan dan Kosmetika (LPPOM) MUI. Lembaga-lembaga tersebut memiliki peran dalam justifikasi produk dari segi keamanan maupun kehalalan produk.

Konsumen produk herbal baik lokal maupun impor sangatlah besar, perilaku konsumen terhadap keputusan pembelian obat herbal dapat ditentukan oleh beberapa faktor seperti keputusan pembelian, budaya, persepsi, dan kepercayaan. Konsumen mengaku pernah menggunakan produk herbal meskipun tidak begitu banyak mengenal merek produk herbal, dengan mengkonsumsi obat herbal dianggap dapat memperoleh kesembuhan dan akan mungkin menyarankan produk tersebut kepada orang lain. Selain itu, persepsi mengenai obat herbal lebih aman, terjamin, dan dapat berkhasiat dengan kandungan dalam produk yang bagus membuat masyarakat semakin tertarik dan mengkonsumsi obat herbal (Marwati and Amidi, 2018).

Pelaku usaha perlu memahami pentingnya aturan perizinan termasuk pemenuhan terhadap sertifikasi cara pembuatan obat tradisional yang baik. Pada dasarnya, proses perizinan dapat dilakukan setelah pelaku usaha mendapatkan nomer izin berdagang (NIB) dengan mendaftarkan usahanya melalui sistem daring yang saat ini memudahkan masyarakat untuk lebih taat dalam hal peraturan yang berlaku demi terjaminnya kualitas sebuah produk

8.3.1 Sertifikat CPOTB

Cara Pembuatan Obat Tradisional yang baik (CPOTB) adalah pedoman yang menjelaskan mengenai aspek kegiatan pembuatan obat tradisional, CPOTB digunakan oleh industri obat tradisional, selain itu pedoman ini digunakan untuk industri yang memproduksi ekstrak, juga termasuk Usaha Mikro Kecil (UMK) yang berfokus pada produk herbal. Kegiatan yang dimaksud dalam pembuatan obat tradisional yaitu cara memperoleh bahan, proses pengolahan sampai didapatkan produk jadi, pengemasan, proses pemberian label maupun label ulang, pengawasan mutu, produk yang lolos dalam standar tertentu sehingga dapat dipasarkan, tahap penyimpanan produk yang sudah jadi, dan proses penyebaran produk di masyarakat yakni sistem distribusi produk herbal.

Aspek yang dinilai dalam CPOTB mirip dengan CPOB atau pedoman pembuatan obat seperti sistem mutu, personal yang terlibat, bangunan dan fasilitas, peralatan, produksi, penyimpanan & pengiriman OT, kontrol kualitas, dan lain lain. Sistem mutu berfungsi dalam pengaturan prosedur, penjaminan kualitas produk yang dihasilkan maupun jika akan dikembangkan lebih lanjut.

Pelaksanaan CPOTB dan pengendalian secara menyeluruh dari proses pembuatan produk herbal sangat penting. Hal ini dilakukan agar produk memiliki kualitas yang baik serta telah sesuai dengan syarat tertentu untuk diedarkan. Penerapan CPOTB dibuktikan dengan diperolehnya sertifikat CPOTB yang menjadi bukti bahwa pelaku usaha memenuhi segala aspek di dalam pedoman sehingga dihasilkan jaminan kepada masyarakat bahwa semua produk dalam keadaan baik dari segitu kualitas, khasiat, termasuk proses produksi. (Fauziyah Kusnadi, 2023)

Pemenuhan aspek CPOTB hingga diperoleh sertifikat CPOTB sangat penting bagi pelaku usaha di bidang produk herbal. Mudahnya perizinan dan produksi serta bahan baku menyebabkan maraknya usaha mikro dan usaha kecil produk herbal di Indonesia, hal ini menjadi perhatian terkait dengan kesiapan dan

kesanggupan UMOT dan UKOT dalam pemenuhan CPOTB. Oleh karena itu terdapat cara perolehan sertifikat pemenuhan aspek CPOTB secara bertahap.

Pelaku usaha kecil maupun mikro dalam bidang obat tradisional dapat mendaftarkan usahanya untuk dapat mengajukan proses perijinan tersebut melalui website e-sertifikasi pom kemudian balai besar POM akan melakukan verifikasi dokumen serta penerapan aspek CPOTB seperti sanitasi higiene, penyimpanan, pengawasan dan sistem manajemen mutu, dokumentasi, dan aspek mengenai personalia dan bangunan fasilitas dengan melakukan audit secara langsung dan hasil inspeksi akan diterbitkan.

Hasil inspeksi dapat berupa perbaikan yang perlu dipenuhi oleh pelaku usaha dalam hal ini apoteker atau pelaku usaha perlu melakukan tindakan pencegahan dan tindakan korektif (corrective action and preventive action, CAPA). BBPOM atau BPOM akan menyetujui laporan inspeksi yang diberikan pelaku usaha setelah proses penyelesaian CAPA dilakukan. Sertifikat CPOTB tahap I/II/III akan diterbitkan setelah evaluasi rekomendasi pemenuhan CPOTB dan berkas sudah dinyatakan lengkap.

8.3.2 Sertifikasi Halal Produk Herbal

Di Indonesia, keragaman penduduk dalam beragama sangat terlihat jelas di mana mayoritas masyarakat beragama Islam. Dalam agama Islam terdapat kewajiban untuk membuat serta mengonsumsi bahan-bahan dalam bentuk makanan yang halal, hal ini terdapat dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah ayat 168. Halal merupakan aspek yang sesuai atau dapat dikatakan sesuai syariat, produk halal menjadi perhatian karena akan pasti aman untuk dikonsumsi masyarakat. Kehalalan suatu produk menjadi suatu komponen yang penting dalam produk herbal karena akan meningkatkan nilai jual dari produk tersebut. Produk herbal secara keseluruhan dibuat dengan menggunakan bahan yang tidak haram namun tidak ada bukti bahwa produk tersebut tidak memiliki komponen atau unsur haram yang terlibat di dalamnya. Pemahaman mengenai regulasi tentang jaminan produk halal, yaitu kepastian hukum bahwa produk tersebut adalah halal di mana bukti bahwa produk halal adalah sertifikat halal oleh LPPOM (Esfandiari and Al-Fatih, 2022)

Pengelolaan sertifikasi halal dilakukan oleh pemerintah melalui badan penyelenggara jaminan produk halal (BPJPH) dibawah kementerian agama. LPPOM MUI adalah salah satu lembaga dengan tugas memeriksa produk halal melalui audit lapangan oleh auditor halal. Kajian dari pemeriksaan akan

dikoordinasikan BPJPH dengan MUI melalui sidang fatwa halal, keputusan tersebut akan menjadi landasan BPJPH untuk menerbitkan sertifikat halal bagi perusahaan atau pelaku usaha yang mendaftarkan produknya. Aspek kehalalan tidak hanya berfokus pada produk namun seluruh aspek yang terlibat seperti industri obat herbal (IOT) di mana yang dapat dikatakan menjalankan aspek kehalalan adalah industri yang pada proses produksi hingga supply chain produk memerhatikan ketentuan jaminan produk herbal sesuai syariat Islam (Alfath, 2023)

Pengelompokan jenis produk jamu dan obat tradisional (herbal) adalah jamu seduh, jamu yang dibuat dengan menggodog bahan tumbuhan, jamu yang dibuat menjadi obat, jamu untuk digunakan di luar tubuh, produk herbal, jamu dalam bentuk minuman, maupun sediaan obat yang telah mengalami uji klinis yaitu fitofarmaka. Produk produk ini kemudian akan dilakukan evaluasi dari segi kehalalan produk baik dalam hal dengan titik kritis tertentu di mana mungkin terdapat komponen yang melibatkan unsur yang bersifat haram di dalamnya. Produk herbal yang telah mengantongi sertifikat CPOTB dan sertifikat halal dapat menjadi kelebihan di mana konsumen dalam hal ini masyarakat muslim akan cenderung memilih produk tersebut.

Pangsa pasar produk herbal akan semakin meningkat seiring dengan perubahan pola pikir dan pola konsumsi masyarakat yang semakin memilih produk alami yang halal dan memiliki efek samping yang tidak sama dengan produk sintesis. Meskipun begitu, produk herbal tidak boleh secara langsung mengatakan bahwa produknya dapat digunakan sebagai pengganti obat sintesis, di mana produk herbal dapat digunakan sebagai suplemen yaitu pendamping dari pengobatan yang berfungsi sebagai peningkat imunitas

Bab 9

Toksikologi Tumbuhan Obat

9.1 Pendahuluan

Tumbuhan menyediakan oksigen yang dibutuhkan untuk pemeliharaan kehidupan manusia. Mereka penting bagi kehidupan manusia dalam hal makanan dan kesehatan. Ribuan tahun yang lalu, manusia telah mengeksplorasi kekuatan terapeutik dari tanaman dan lebih memilih untuk mendapatkan manfaat dari tanaman tersebut untuk hidup sehat. Penelitian yang dilakukan di seluruh dunia selama beberapa tahun terakhir menyatakan bahwa hampir 72.000 (setara dengan sekitar 17%) dari 422.000 tanaman berbunga yang tersebar di seluruh dunia memiliki nilai terapeutik. Sedangkan data Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), mengatakan jumlah tanaman yang digunakan untuk tujuan terapeutik adalah sekitar 20.000. Sejak awal pemanfaatan tumbuhan untuk kesehatan manusia, karakteristik bioaktivitas tumbuhan telah dipelajari di laboratorium (Özaslan and Oguzkan, 2018).

Tumbuhan ini mensintesis fitokimia yang berfungsi sebagai sistem pertahanan alami dan juga digunakan dalam pengobatan, pewarna, pewangi, farmasi, bahan kimia pertanian, dan penyedap rasa. Mereka juga memiliki sifat antimikroba yang berkorelasi dengan kemampuan mereka untuk memproduksi beberapa metabolit sekunder dengan sifat antimikroba seperti fenol, asam fenolik, flavonoid, alkanoid, tanin, kuinon, kumarin, saponin, terpenoid, triterpenoid, glikosida dan asam organik. Hammad et al. (2018) menyatakan

selain potensi terapeutiknya, beberapa tanaman obat mempunyai toksisitas yang kuat pada manusia, terutama pada anak-anak dan orang tua. Meskipun umumnya telah dipercayai bahwa produk alami yang berasal dari tumbuhan sifatnya aman, dan hanya ada sedikit laporan mengenai toksisitasnya.

Meningkatnya penggunaan tanaman secara global untuk tujuan pangan dan pengobatan, terutama di negara-negara berkembang, menimbulkan kebutuhan mendesak untuk melakukan studi toksikologi terhadap tanaman tersebut. Hasil studi toksikologi yang ekstensif cenderung memberikan informasi keselamatan pada tanaman beracun dan membantu mencegah masalah kesehatan masyarakat sekaligus memberikan panduan keselamatan kepada masyarakat (Danladi Chiroma Husaini, Cindy J. Bush, Israel Coc, Elsbeth Guerra, 2020).

9.2 Macam Uji Toksisitas

Setiap obat yang akan di produksi dan dipasarkan harus memenuhi syarat keamanan. Dan untuk memenuhi syarat aman tersebut harus melalui rangkaian uji toksikologi. Toksisitas dapat didefinisikan sebagai sejauh mana suatu zat (toksin atau racun) dapat membahayakan manusia atau hewan (Kasper et al., 2015), sehingga uji toksisitas merupakan uji yang dilakukan pada hewan uji untuk mendeteksi efek toksik pada sistem biologi dan untuk memperoleh data dosis respon yang khas dari sediaan uji. BPOM (2022) menyatakan bahwa untuk melakukan uji toksisitas, pelaku usaha atau lembaga penelitian/riset harus terlebih dahulu memperoleh persetujuan dari komisi etik, dan untuk obat Tradisional, Obat Kuasi, dan Suplemen Kesehatan harus memperoleh persetujuan pelaksanaan uji praklinik dari BPOM.

Saat ini ada 3 (tiga) model utama pengujian toksisitas yaitu: *in vitro*, ini dilakukan diluar tubuh makhluk hidup, misalnya pada sel kultur ; *in vivo*, dilakukan langsung pada makhluk hidup misalnya tikus, mencit, kelinci ; *in silico*, ini merupakan model pengujian yang menggunakan simulasi komputer (Summerfield and Dong, 2013).

9.2.1 Uji Toksisitas *in vitro*

Tes *in vitro* dilakukan pada lingkungan terkendali seperti cawan petri atau tabung reaksi, di luar organisme hidup menggunakan bagian tertentu dari organisme misalnya, organ, jaringan, atau sel yang dikultur untuk

mempelajarinya di bawah lingkungan yang terkontrol, sehingga bias dari lingkungan internal atau eksternal sekitarnya sangat berkurang. Keuntungan model toksisitas *in vitro* adalah pengurangan waktu dan biaya serta keterwakilan (karena model tersebut dikembangkan menggunakan sel atau jaringan organisme target) (Summerfield and Dong, 2013). Informasi yang diperoleh dari hasil uji toksisitas *in vitro* adalah mengetahui besarnya konsentrasi bahan uji yang dapat membunuh 50% (lethal concentration 50% = LC50) dari bahan biologi yang di kultur/di benihkan (Meles, 2010).

Keuntungan dari pengujian *in vitro* ini adalah hemat biaya, hemat waktu, dan tidak memerlukan penggunaan hewan. Hal ini memungkinkan pengembangan pengobatan baru yang lebih cepat, karena banyak obat dapat dipelajari pada satu waktu, dan hanya obat yang tampaknya berkhasiat yang dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Itu sebabnya pendekatan ini sering kali menjadi langkah pertama dalam proses penemuan obat, meskipun hasil yang diperoleh dengan pendekatan ini memerlukan konfirmasi lebih lanjut dengan eksperimen *in vivo* (Martínez, 2022).

9.2.2 Uji Toksisitas *in vivo*

Model toksisitas *in vivo* adalah satu-satunya model yang menggunakan organisme secara keseluruhan, termasuk seluruh reaksi fisiologis dan interaksi biokimia, dan dengan demikian merupakan satu-satunya model yang memberikan informasi tentang distribusi obat dalam organisme dan kemungkinan interaksi obat dengan non-target. organ. Dengan demikian, model *in vivo* bisa dibilang memberikan model yang paling representatif untuk menguji toksisitas obat. Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan pada model toksisitas *in vivo* di antaranya tes ini biasanya membutuhkan jumlah hewan yang relatif banyak, dan tentunya sangat mahal serta memakan waktu dan tenaga, selain itu mengingat perbedaan biologis yang signifikan antara organisme manusia dan hewan lainnya (Darwin and Bynum, 2009).

Uji toksisitas secara *in vivo* untuk mempelajari efek kumulatif dosis yang dapat menimbulkan efek toksik pada manusia, efek karsinogenik, teratogenik, mutagenik dan efek lain yang berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia. BPOM RI telah mengeluarkan Pedoman Uji Toksisitas Praliniik secara *In Vivo*, untuk menjamin keamanan pemaparan suatu zat pada manusia. Uji toksisitas secara *in vivo* ini terdiri dari banyak jenis, meliputi: uji toksisitas akut oral; uji toksisitas subkronis oral; uji toksisitas kronis oral; uji teratogenisitas; uji sensitisasi kulit; uji iritasi mata; uji iritasi/korosi akut

dermal; uji iritasi mukosa vagina; uji toksisitas akut dermal; uji toksisitas subkronis dermal; dan. uji karsinogenisitas (BPOM, 2022).

1. Uji Toksisitas Akut

Uji toksisitas akut oral adalah suatu pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul dalam waktu singkat setelah pemberian sediaan uji yang diberikan secara oral dalam dosis tunggal, atau dosis berulang yang diberikan dalam waktu 24 jam. Tujuan dilakukan uji toksisitas akut adalah disamping untuk menentukan bahaya pemaparan suatu bahan secara akut, juga untuk menentukan batas keamanan (margin of safety) suatu bahan dengan menentukan dosis yang menyebabkan kematian 50% pada hewan coba (lethal dose 50% = LD50). Rute pemberian dalam pelaksanaan uji toksisitas akut pada hewan coba dilakukan dengan 2 cara yakni (1) Cara pemberian yang di sarankan untuk dipakai di klinik, (2) Cara pemberian intravena, jika memungkinkan, hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan bila terjadi pemaparan bahan uji secara sistemik. Hewan coba yang dipakai sedikitnya dua spesies mamalia, termasuk spesies nonrodent jika memungkinkan, serta dibedakan berdasarkan jenis kelamin. Untuk bahan uji yang mempunyai daya toksisitas rendah dimulai dengan dosis maksimum yang tidak menimbulkan efek toksik. Penentuan kategori toksisitas akut untuk obat tradisional dan bahan lainnya (Generally Recognized as Safe/GRAS) seperti bahan pangan, digunakan penggolongan klasifikasi seperti pada tabel 9.1.

Tabel 9.1: Kategori Toksisitas Akut (Hodge dan Sterner, 1995)

Tingkat Toksisitas	LD ₅₀ oral (pada tikus)	Klasifikasi
1	≤ 5 mg/kg	Super toksik
2	5 – 50 mg/kg	Sangat Toksik
3	> 50 – 500 mg/kg	Toksik
4	> 500 – 2000 mg/kg	Toksik sedang
5	> 2000 – 5000 mg/kg	Toksik ringan
6	> 5000 mg/kg	Tidak Toksik

Pengamatan terhadap hewan coba dilakukan dalam jangka waktu 24 jam setelah pemberian bahan uji terhadap timbulnya gejala keracunan

seperti kejang, diare, vomit, sesak nafas dan lainnya, jumlah kematian, mula kerja obat, lama kerja obat serta perubahan fungsi organ vital tubuh hewan coba. Terhadap hewan coba yang masih hidup dilakukan pengamatan sampai maksimal 14 hari. Dalam waktu 14 hari semua hewan coba yang masih hidup dikorbankan, untuk dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis terhadap organ vital seperti hepar, ginjal, paru, limpa, dan organ system pencernaan serta fungsi hemopoetik. Hal ini dimaksudkan untuk mengungkapkan kerusakan pada struktur organ vital dan menjelaskan kerusakan yang diakibatkannya. Data yang di peroleh dilakukan analisis menggunakan statistik non parametrik untuk mengetahui tingkat signifikansi kerusakan organ yang timbul.

2. Uji Toksisitas Subkronis/Subakut

Uji ini dilakukan dengan memberikan zat kimia yang sedang diuji tersebut secara berulang-ulang terhadap hewan uji selama 14-90 hari, namun WHO menyarankan sampai 180 hari tergantung dari lama waktu pemakaian obat yang akan digunakan di klinik. Uji ini ditujukan untuk mengungkapkan efek toksik senyawa uji setelah diberikan secara berulang, serta untuk melihatkan apakah toksik itu berkaitan dengan takaran konsentrasi. Pada akhir dari periode pengujian toksisitas subkronis semua hewan coba dikorbankan dan dilakukan otopsi, selanjutnya dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis terhadap organ vital termasuk organ metabolisme, organ ekskresi, pencernaan dan sistem kardiovaskuler serta sistem hemopoetik.

3. Uji Toksisitas Kronis

Uji ini dilakukan dengan memberikan zat kimia secara berulang-ulang pada hewan uji selama lebih dari 3 bulan atau sebagian besar dari hidupnya. Meskipun pada penelitian digunakan waktu lebih pendek, tetapi tetap lebih lambat dibandingkan uji toksisitas Akut maupun uji toksisitas sub akut. Tujuan dari uji toksisitas kronis adalah untuk mengetahui profil toksisitas suatu bahan uji secara berulang dalam jangka panjang. Karena waktu yang diperlukan untuk

pelaksanaan uji toksisitas kronis sangat panjang maka dalam pelaksanaannya dilakukan bersamaan dengan uji klinik. Persyaratan yang berlaku pada pelaksanaan uji toksisitas kronis seperti hewan coba, dosis bahan uji serta rute pemberian sama dengan persyaratan seperti pada pelaksanaan uji toksisitas subkronis.

4. Uji Teratogenesis

Pengujian yang dilakukan untuk memperoleh informasi adanya abnormalitas fetus yang terjadi selama pemberian sediaan uji selama masa pembentukan organ fetus. Prinsip kerja uji ini umumnya diberikan pada hewan yang hamil minimal dari implantasi hingga satu hari sebelum hari dikorbankan yang harus sedekat mungkin dengan waktu normal persalinan.

5. Uji sensitisasi kulit

Pengujian yang dilakukan untuk mengidentifikasi suatu zat berpotensi menyebabkan sensitisasi pada kulit.

6. Uji Iritasi Mata

Pengujian yang dilakukan untuk memperoleh adanya informasi kemungkinan bahaya yang timbul pada saat sediaan uji terpapar pada mata atau pada membrane mukosa mata.

7. Uji iritasi/korosi Akut Dermal

Pengujian yang dilakukan untuk mendeteksi efek toksik setelah paparan sediaan uji dalam dosis tunggal pada kulit seta untuk menilai dan mengevaluasi karakteristik suatu zat apabila terpapar pada kulit. Penilaian berdasarkan ada tidaknya pembentukan eritema dan oedema.

8. Uji Iritasi Mukosa Vagina

Uji yang digunakan untuk menguji sediaan uji yang kontak langsung dengan jaringan vagina di mana sediaan uji di paparkan kedalam lapisan mukosa vagina hewan uji selama tidak kurang dari 5 kali paparan dalam 24 jam, kemudian diamati ada tidaknya eritema, eksudat ataupun oedema.

9. Uji Toksisitas Akut Dermal

Pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul dalam waktu singkat setelah paparan suatu sediaan uji dalam sekali pemberian melali rute dermal.

10. Uji Toksisitas Subkronis Dermal

Pengujian untuk mendeteksi efek toksik yang muncul setelah pemberian dosis berulang yang diberikan melali rute dermal selama sebagian umur hewan, tetapi tidak lebih dari 10% seluruh umur hewan. Pengujian ini dapat dilakukan selama 28 hari atau 90 hari.

11. Uji Karsinogenisitas.

Pengujian untuk mendeteksi dan memperoleh informasi sifat karsinogenik sediaan uji setelah pemberian dengan dosis berulang yang diberikan pada hewan uji selama sebagian besar rentang hidup hewan. (Meles, 2010) menjelaskan uji Karsinogenik dilaksanakan dalam jangka lama yakni pada tikus dalam waktu 24 bulan sedangkan pada mencit 18 bulan. Berdasarkan Japanese Guidelines for Toxicity Studies lama uji pada tikus 130 minggu dan pada mencit 104 minggu. Parameter yang diamati adalah terbentuknya neoplasma dan peningkatan kasus neoplasma sejalan dengan peningkatan dosis bahan uji.

Selain pengujian-pengujian tersebut diatas, (Meles, 2010) menambahkan uji mutagenik meliputi mutasi gen dan mutasi kromosomal. Pada uji mutagenik ini dilakukan uji secara *in vitro* yakni menggunakan mutasi gen pada bakteri dan uji secara *in vivo* menentukan kerusakan gen pada hewan mamalia melalui sumsum tulang untuk menentukan tingkat kerusakan kromosom, sedangkan untuk mendeteksi kerusakan DNA menggunakan sel hati mencit atau tikus

9.2.3 Uji Toksisitas *in silico*

In silico artinya: “dilakukan di komputer atau melalui simulasi komputer” Model toksisitas ini terutama digunakan untuk memprediksi bagaimana obat berinteraksi dengan tubuh (Summerfield and Dong, 2013). (Martínez, 2022) menyebutkan metode ini merupakan metode penelitian terbaru dari ketiga metode penelitian yang ada (yang pertama dilakukan pada tahun 1989). Meskipun penelitian *in silico* merupakan cara penelitian yang relatif baru dan

bukan merupakan replikasi organisme hidup, penelitian ini telah memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penelitian biomedis dan penemuan obat. Misalnya, sebuah penelitian Kinnings et al., (2009) menggunakan emulasi perangkat lunak untuk memprediksi bagaimana obat-obatan tertentu yang sudah ada di pasaran dapat mengobati jenis tuberkulosis yang resistan terhadap obat.

Di antara keuntungan metode *in silico* adalah lebih murah dan durasi pengujian yang singkat sehingga lebih cepat untuk mendapatkan hasil. Sebaliknya karena simulasi model toksisitas *in silico* dilakukan oleh komputer di mana suatu algoritma dibangun untuk mengubah masukan tertentu menjadi keluaran dan disisi lain masih terbatasnya pengetahuan tentang proses biokimia dan fisiologis dalam tubuh manusia sehingga tidak dapat mengembangkan algoritma yang efektif untuk memprediksi toksisitas obat. Dalam kebanyakan kasus, data yang ada tidak cukup untuk melakukan simulasi komputer dan mendapatkan keluaran yang representatif dengan model toksisitas *in silico*. Dengan demikian, hasilnya harus divalidasi lebih lanjut melalui pemanfaatan metodologi eksperimental *in vitro* dan *in vivo*) (Martínez, 2022).

9.3 Toksisitas Beberapa Tumbuhan Obat

Telah banyak riset terkait dengan toksisitas berbagai tumbuhan obat. Berikut dipaparkan hasil riset toksisitas beberapa tumbuhan obat yang telah lama dikenal dan sering digunakan khususnya oleh masyarakat di Indonesia.

1. Kunyit (*Curcuma longa*)

Kunyit telah lama digunakan sebagai tanaman obat yang dapat dipakai untuk mengobati berbagai penyakit. Menurut Singh et al., (2002) dan Araujo dan Leon (2001) kunyit berkhasiat sebagai anti-peradangan, obat luka, antioksidan, anti-protozoa, antibakteri, antiviral, antifungi dan antikanker. Kajian Histopatologis Lambung, Hati dan Ginjal setelah uji toksisitas akut ekstrak rimpang kunyit pada mencit menunjukkan hasil uji intoksikasi akut fraksi etil asetat

dan hexan pada mencit diperoleh nilai LD 50 fraksi hexan adalah 19,25 g/kg bb dan LD 50 fraksi etil asetat adalah 27,98 g/kg bb. Fraksi hexan dan fraksi etil asetat ekstrak etanol rimpang kunyit termasuk dalam katagori tidak toksik. Pemberian fraksi etil asetat dan hexan rimpang kunyit pada uji intoksikasi akut meningkatkan jumlah sel parietal pada lambung serta degenerasi dan nekrosis pada sel dan sel tubulus ginjal (Winarsih et al., 2012).

2. Jahe (*Zingiber officinale*)

Kandungan dalam jahe banyak sekali dan berbeda-beda tergantung tempat asalnya dan rimpangnya segar atau kering. Jahe adalah zat anti-oksidan yang kuat dan dapat mengurangi atau mencegah pembentukan radikal bebas. Ini dianggap sebagai obat herbal yang aman dengan efek samping/efek samping yang sedikit dan tidak signifikan (Ali et al., 2008). Hasil penelitian (Sihotang and Umniyati, 2018) minyak atsiri jahe bersifat toksisk terhadap larva nyamuk *Aedes aegypti*.

3. Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.)

Rimpang temulawak merupakan rimpang yang berasal dari suku *Zingiberaceae*. Rimpang temulawak umum digunakan sebagai pengobatan tradisional di Indonesia sebagai anti inflamasi. Seperti pada umumnya kelompok *Zingiberaceae*, kandungan kurkumin atau kurkuminoid merupakan bahan aktif utama (Cahyono et al., 2011). Namun dalam temulawak kandungan xantorizol merupakan komponen paling utama, selain kurkumin tersebut (Purwakusumah et al., 2016). Penelitian (Endang et al., 2022) menunjukkan pemberian ekstrak etanol 70% temulawak hingga dosis 5.625 mg/kg BB selama 28 hari pada tikus jantan dan betina memberikan efek penurunan terhadap nilai hemoglobin, hematokrit, dan leukosit, namun nilainya masih dalam batas normal. Tidak ada perbedaan nyata antara tikusjantan dan betina pada hasil pengukuran nilai hemoglobin, hematokrit, dan leukosit.

4. Daun Sirih Merah (*Piper ornatum*)

Tanaman sirih merah merupakan salah satu tanaman obat yang daunnya telah lama dikenal mempunyai khasiat obat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Beberapa penelitian tentang daun sirih merah sebagai obat telah dilakukan, yaitu sebagai imunomodulator, memiliki sifat sebagai anti inflamasi, anti fungi, anti diare, analgetik dan masih banyak lagi. Penelitian (Kuncarli and Djunarko, 2014) menyebutkan tidak didapatkan adanya spektrum toksik infusa daun sirih merah selama 28 hari terhadap perubahan kadar SGOT darah di mana menunjukkan hasil perbedaan tidak bermakna serta perubahan pada gambaran histopatologi jantung yang tidak teramati perubahan yang spesifik. Tidak terdapat hubungan antara dosis infusa daun sirih merah dengan spektrum efek toksik pada perubahan kadar SGOT darah dan histopatologi jantung.

5. Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Guo and Mei (2016), Lidah buaya mengandung bahan aktif secara farmakologis yang terkait dengan beragam aktivitas biologis. Meskipun lidah buaya telah lama dianggap sebagai bahan makanan fungsional yang aman dan dapat digunakan secara oral dan topikal, dalam banyak kesempatan, lidah buaya belum seaman yang diperkirakan secara umum. Baru-baru ini, laporan efek buruk pada manusia dan toksisitas, genotoksitas, dan karsinogenisitas baik dalam penelitian *in vitro* maupun *in vivo* menimbulkan pertanyaan apakah komponen dalam Aloe vera mungkin mempunyai aktivitas pemicu tumor pada manusia. Karena paparannya yang meluas pada manusia dan kekhawatiran bahwa beberapa komponen dapat menyebabkan kanker, pada tahun 1998 National Cancer Institute menominasikan Aloe vera sebagai kandidat prioritas tinggi untuk studi karsinogenisitas di bawah *National Toxicology Program* (NTP). Pada tahun 2002, Badan Pengawas Obat dan Makanan AS (FDA) mengeluarkan aturan akhir yang menyatakan bahwa penggunaan Aloe sebagai obat pencahar tanpa resep secara umum tidak lagi dianggap aman dan efektif. Baru-baru ini, ekstrak daun lidah buaya

utuh telah diklasifikasikan oleh Badan Internasional untuk Penelitian Kanker sebagai kemungkinan karsinogen bagi manusia, bersama dengan produk alami lainnya seperti ekstrak Ginkgo biloba dan ekstrak kava.

6. Kumis Kucing (*Orthosiphon stamineus* Benth)

Kumis kucing adalah tanaman yang biasa digunakan sebagai obat. Penelitian telah menunjukkan bahwa kumis kucing dapat digunakan sebagai pengobatan berbagai penyakit, salah satunya Hipertensi. Ini dapat digunakan sebagai antihipertensi karena mengandung oleh Methylripariochromene yang memiliki aktivitas terhadap tekanan darah tinggi seperti aktivitas vasodilatasi, diuretik, dan penurunan denyut jantung. Penelitian genotoksik pada ekstrak kumis kucing telah diteliti menggunakan Salmonella atau metode mutasi mikrosom dan uji mikronukleus sumsum tulang tikus. Pada metode mikrosom atau salmonella menunjukkan ekstrak kumis kucing tidak mutagenik, begitu juga pada mikronukleus sumsum tulang tikus, tidak terdapat tanda-tanda toksisitas pada penggunaan *Orthosiphon Stamineus*. Lebih jauh lagi, tidak terdapat tanda-tanda klinis pada toksisitas dan tidak terdapat perubahan aktivitas pada sitokrom P4501A dan 2B pada tikus yang diberikan ekstrak kumis kucing dengan dosis 4000 mg/kgBB. Hasil tersebut menyimpulkan bahwa toksisitas rendah dan penggunaan obat tradisional tidak menunjukkan genotoksik (Emelda, 2017).

7. Daun Sukun (*A. communis*)

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa terdapat senyawa metabolit sekunder yang diduga terkandung dalam daun sukun antara lain alkaloid, tanin, saponin dan flavonoid (Maharani et al, 2014). Hal ini yang mendasari pemanfaatannya sebagai obat alternative pengobatan tradisional. Tanaman Sukun dapat digunakan sebagai beberapa kondisi penyakit seperti diabetes, hepatitis, gatal-gatal, dan beberapa penyakit lainnya. Hasil penelitian (Endang et al., 2022) uji toksisitas akut menggunakan dosis 2000 mg/kgBB menunjukkan seluruh hewan tidak ada yang mati maupun mengalami tanda-tanda

toksisitas, dan tidak terjadi perubahan yang bermakna pada bobot mencit pada dosis 2000 mg/kgBB pada hasil uji statistik ($p \geq 0,05$). Berdasarkan software AOT 425StatPgm menunjukkan LD50 sebesar 2000 mg/KgBB.

8. Benalu Batu (*Begonia* sp.)

Benalu batu adalah salah satu tanaman yang digunakan secara empiris oleh masyarakat untuk mengobati tumor dan kanker. Penelitian (Anam et al., 2022) benalu diperoleh 10 isolat jamur endofit yang terdiri dari bagian daun diperoleh (enam isolat), bagian batang (tiga isolat), dan bagian akar (satu isolat). Penapisan awal uji toksisitas 10 isolat terhadap *A. salina* diperoleh isolat dari beberapa bagian daun memberikan persen kematian 100%. Penelitian lainnya juga menunjukkan ekstrak metanol *Begonia* sp. mengandung senyawa aktif yang toksik terhadap larva udang (*A. salina*) dengan LC50 sebesar 369 ppm (Nurlansi, Nasruddin and Sari, 2015).

Bab 10

Penemuan Obat Baru dari Alam

10.1 Pendahuluan

Tumbuhan merupakan sumber bahan alam paling potensial untuk digunakan sebagai bahan obat dan dapat dikembangkan menjadi obat baru secara berkelanjutan. Selama bertahun-tahun, obat-obatan tradisional dibuat dengan memanfaatkan bahan alam untuk mengatasi berbagai penyakit. Dan saat ini, sebagian besar obat-obatan farmasi dibuat menggunakan bahan alam tersebut. Bahan alam terdiri atas senyawa-senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas biologis dalam menghambat aktivitas agen penyebab penyakit. Saat ini, banyak sekali metabolit sekunder dengan struktur dan aktivitas farmakologis yang beragam yang telah berhasil diidentifikasi dari tumbuhan. Pengetahuan yang berdasar dari sistem pengobatan tradisional menjadi salah satu dasar eksplorasi obat yang berkelanjutan untuk pembuatan produk obat-obatan secara industri farmasi.

10.2 Bahan Obat Berbasis Tumbuhan

Pada dasarnya, tumbuhan dapat diolah dengan banyak cara untuk mengekstraksi bahan potensial obatnya. Cara paling mudah yang paling banyak digunakan adalah dalam bentuk teh herbal. Ekstrak tumbuhan dalam bentuk ekstrak kasar maupun ekstrak terstandarisasi digunakan dalam sediaan farmasi yang beragam, seperti bubuk, pil, tablet, dan tingtur. Tumbuhan memproduksi molekul sinyal yang bervariasi seperti auksin, asam absisat, sitokinin, giberelin, asam salisilat, dan etilen. Selain itu, tumbuhan juga memproduksi metabolit sekunder seperti alkaloid, terpenoid, dan fenilpropanoid yang memiliki peran penting dalam perkembangan dan pertahanan tumbuhan. Molekul-molekul tersebut berperan penting dalam meregulasi siklus hidup tumbuhan, dan diproduksi dalam keadaan stres untuk melindungi tumbuhan dari patogen, suhu ekstrim, dan juga cahaya ultraviolet (Zheng, Chan and Zhou, 2004).

Pengembangan bahan obat dari sumber tumbuhan juga dapat dilakukan dengan bantuan bioteknologi, seperti pada obat kanker, diabetes, HIV, penyakit liver, dan alzheimer. Bahan obat hasil bioteknologi ini dapat diproduksi dengan lebih efisien, aman, dan efektif dibandingkan dengan pengembangan bahan obat dengan kultur sel maupun fermentasi mikroba. *Phytopharmaceutical drug (PPD)* merupakan kategori baru dari obat herbal yang dibuat berdasarkan petunjuk dari AYUSH (Department of Ayurveda, Unani, Siddha, dan Homeopathy) dan CDSCO (Central Drugs Standards Control Organization) di India. Obat-obatan tersebut dibuat dari tumbuhan herbal yang memiliki sejarah pernah digunakan sebagai obat tradisional. PPD didefinisikan sebagai fraksi murni terstandarisasi dari ekstrak tumbuhan yang mengandung minimal empat jenis senyawa bioaktif dan dapat digunakan untuk mengobati atau mencegah penyakit. Biasanya, proses produksi obat herbal tidak dimonitor dengan baik, serta tidak ada regulasi yang cukup. PPD merupakan ekstrak yang diperkaya dengan fitomolekul seperti flavonoid, karotenoid, polifenol, likopen, antosianin, dan fitoestrogen. Bahan alam tersebut dapat digunakan untuk mengatasi penyakit umum seperti alergi, inflamasi, diabetes, dan lain-lain (Nooreen, Rai and Yadav, 2018).

Produk bahan alam menjadi produk yang menarik bagi industri farmasi, dengan terkonsentrasi pada obat-obatan yang berasal dari senyawa tumbuhan dan dapat digunakan untuk alternatif terapi (Nasim, Sandeep and Mohanty, 2022). Meskipun obat-obatan sintetis dapat menghilangkan rasa nyeri lebih

cepat, namun obat-obatan tersebut membutuhkan biaya produksi yang lebih besar dan mungkin belum bisa diakses oleh seluruh kalangan. Di sisi lain, obat tradisional memiliki efek samping yang lebih minim, dan dapat dengan mudah dimetabolisme dan diserap oleh tubuh. Bahan alam yang telah banyak dikembangkan untuk pengobatan disajikan pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1: Produk Bahan Obat yang berasal dari Tumbuhan (Nasim, Sandeep and Mohanty, 2022)

Komponen	Sumber tumbuhan	Senyawa aktif	Aplikasi
Molekul tunggal	<i>Hyperian perfortum</i>	Hypericin	Penginduksi kematian sel imunogenik
	<i>Lithospermum erythrorhizon</i>	Shikonin	Penginduksi kematian sel imunogenik
	<i>Scutellaria baicalensis</i>	Wogonine	Penginduksi kematian sel imunogenik
	<i>Piper nigrum</i>	Piperine	Agen nanoteranostik untuk kanker
<i>Phytopharmaceutical drugs</i>	<i>Berberis vulgaris L</i>	Berberine, Jatrorrhizine, Palmatine, Ceptisine	Antidiabetes, antikanker, antibakteri, analgesik, antiinflamasi
	<i>Cinchona spp</i>	Quinine	Anti malaria
	<i>Artemisia annua</i>	Artemisinin	Diabetes tipe 1 dan kanker
	<i>Salvia divinorum</i>	Salvinorin A	Neuro-psikofarmakoterapi
	<i>Cleome</i>	Pinocembrin, Kaempferol, Kaempferitrin	Antikanker
	<i>Silybum marianum</i>	Silymarin	Aktivitas hepatoprotektif

	<i>Taxus brevifolia</i>	Taxol	Jantung, ovarium, dan kanker payudara
	<i>Curcuma longa</i> L.	Curcumin	Antioksidan, anti inflamasi, arthritis

10.3 Pendekatan dalam Pengembangan Bahan Obat Berbasis bahan Alam

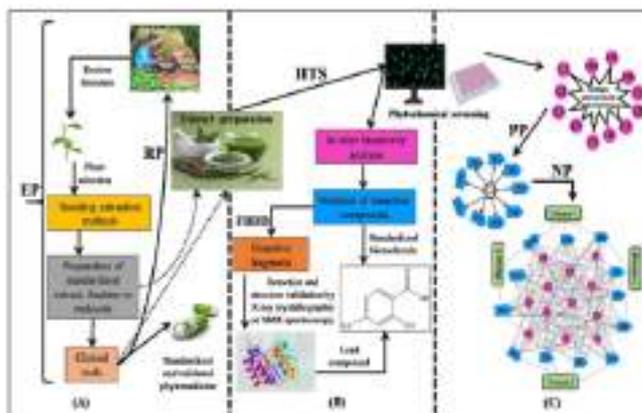
Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk memperoleh bahan obat yang berasal dari obat-obatan herbal dan tradisional.

10.3.1 Etnofarmakologi

Pemilihan sampel tumbuhan merupakan tahapan yang paling penting dalam pengembangan bahan obat berbasis bahan alam. Umumnya, tumbuhan dengan riwayat pernah digunakan untuk pengobatan tradisional oleh sekelompok masyarakat etnis dipilih menjadi subjek pengembangan obat berbasis bahan alam, hal ini disebut dengan etnobotani atau etnofarmakologi (Süntar, 2019). Berbagai metode ekstraksi dan formulasi herbal digunakan oleh kelompok masyarakat etnis. Formulasi herbal termasuk juga informasi mengenai cara konsumsi sediaan herbal serta dosis herbal yang biasa digunakan. Pemilihan tumbuhan herbal untuk dikembangkan sebagai bahan obat perlu pengkajian lebih mendalam, karena adanya potensi perbedaan konsep kesehatan dan pemahaman antara kelompok etnis tradisional dengan konsep kesehatan modern. Gejala penyakit perlu dikaji lebih detail sebelum menggunakan formulasi herbal untuk pengobatan.

Bahan bioaktif yang memiliki aktivitas farmakologi diisolasi dari tumbuhan selama proses pengembangan obat berbasis bahan alam. Keseluruhan ekstrak kasar umumnya memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa tunggal bahan bioaktif. Ekstrak tumbuhan memiliki struktur kimia yang beragam dan memengaruhi kualitas aktivitas farmakologi sediaan herbal. Ekstrak tumbuhan kemudian perlu dilakukan fraksinasi dan isolasi senyawa bioaktifnya. Setelah dilakukan isolasi senyawa bioaktif, ekstrak dapat dibuat menjadi ekstrak bioaktif terstandarisasi, yaitu secara pasti mengandung beberapa senyawa aktif untuk meningkatkan aktivitas farmakologinya.

Sebagai contoh, fraksi saponin terstandarisasi dari *Panax ginseng* memiliki aktivitas farmakologi yang lebih baik dibandingkan senyawa aslinya. Adapun skema proses penemuan bahan obat dari tumbuhan dijelaskan pada Gambar 10.1.



Gambar 10.1: Beberapa Skema Pengembangan Obat Berbasis Bahan Alam (A) Prosedur yang Terlibat dalam Etnofarmakologi (EP) Dan Reverse Farmakologi (RP) untuk Pengembangan Obat Berbasis Bahan Alam; (B) Analisis Fitokimia pada Ekstrak Untuk Identifikasi Molekul Utama dan Potensi Penggunaannya untuk Obat; (C) Integrasi Pendekatan Polifarmakologi (PP) dan Jaringan Farmakologi (NP) untuk Penemuan Obat Modern (Nasim, Sandeep and Mohanty, 2022).

10.3.2 Reverse Farmakologi

Pengembangan obat konvensional umumnya membutuhkan tahapan yang panjang sehingga cukup tidak efisien dan mahal. Reverse farmakologi merupakan tahapan penemuan obat dengan melakukan eksperimen untuk memvalidasi khasiat bahan obat herbal yang banyak digunakan oleh masyarakat tradisional. Tahap ini kemudian disertai dengan penentuan dosis obat, tingkat toleransi obat, hingga uji *in vitro* dan *in vivo* untuk menguji efektivitas formulasi obat. Tahapan terakhir yaitu eksperimen klinik pada beberapa level organisasi biologi. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui tingkat efikasi dan keamanan bahan obat sebelum digunakan secara luas (Surh, 2011).

10.3.3 Bioteknologi Tumbuhan

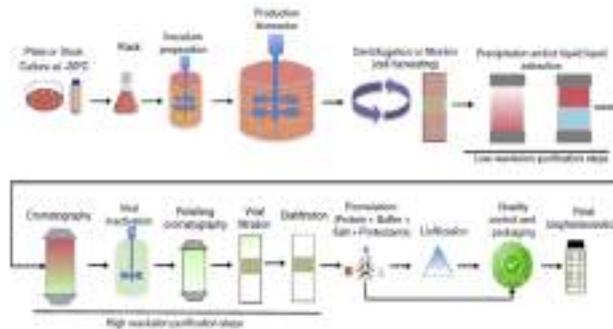
Bioteknologi tumbuhan telah banyak digunakan sebagai upaya alternatif untuk memproduksi biomolekul rekombinan. Sistem transgenik dikembangkan untuk menghasilkan molekul rekombinan seperti enzim, hormon, antibodi, vaksin, dan peningkatan ekspresi protein dalam jumlah besar (Rosales-Mendoza, 2020). Tumbuhan yang umum digunakan sebagai media produksi rekombinan antara lain tembakau, tomat, padi, kentang, dan jagung. Saat ini, tumbuhan transgenik juga digunakan untuk memproduksi vaksin. Bioteknologi tumbuhan menjadi salah satu cara yang lebih aman untuk produksi bahan farmasi, dibandingkan dengan penggunaan mikroorganisme seperti bakteri, kapang, atau kultur sel mamalia. Protein manusia yang diproduksi oleh tumbuhan memiliki komponen karbohidrat namun tidak mengandung komponen galaktosa dan asam sialat. Perubahan minor pada struktur glikan dapat memengaruhi aktivitas protein rekombinan dan memicu reaksi imunogenik.

Transfer dan ekspresi gen pada tumbuhan dapat diinduksi dengan agroinfiltrasi, infeksi virus, ekspresi bawaan, dan transformasi nukleus. Vektor virus tumbuhan juga dapat dimodifikasi secara genetik untuk menghasilkan bahan obat farmasi. Virus tersebut tidak menyebabkan infeksi pada manusia atau hewan, dan dapat menghasilkan protein heterolog dalam jumlah banyak (Gleba, Klimyuk and Marillonnet, 2007). Tumbuhan akan mengekspresikan protein selama proses replikasi virus dalam sel tumbuhan. Protein rekombinan kemudian dipurifikasi sebelum pengembangan vaksin. Virus yang dapat digunakan antara lain *as Cucumber Mosaic Virus (CMV)*, *Tobacco Mosaic Virus (TMV)*, serta *Cowpea Mosaic Virus (CPMV)*. Tumbuhan banyak mengandung molekul bioaktif seperti antivirus, antibakteri, antifungi dan lain sebagainya. Molekul bioaktif tersebut tidak diproduksi dalam jumlah besar pada sel tumbuhan secara normal. Bioteknologi tumbuhan dapat menjadi salah satu cara untuk peningkatan produksi molekul bioaktif bahan obat melalui media tumbuhan.

10.3.4 Bioteknologi Mikroorganisme

Teknologi yang dapat digunakan untuk produksi bahan obat dari mikroorganisme dijelaskan pada Gambar 10.2. Tahapan proses pengembangan bahan obat mencakup penentuan jenis mikroba yang akan digunakan, molekul bioaktif yang akan diproduksi, hingga penentuan kultur sel, media kultur, parameter pertumbuhan, serta optimasi kondisi untuk pertumbuhan kultur sel.

Tujuan utamanya adalah transformasi substrat untuk menghasilkan produk metabolit yang diinginkan (Jozala et al., 2016). Proses ini membutuhkan kontrol yang cukup tinggi, dan peralatan bioreaktor untuk produksi skala besar. Teknik sterilisasi dan kondisi kultur juga perlu diperhatikan untuk menghindari terjadinya kontaminasi produk.



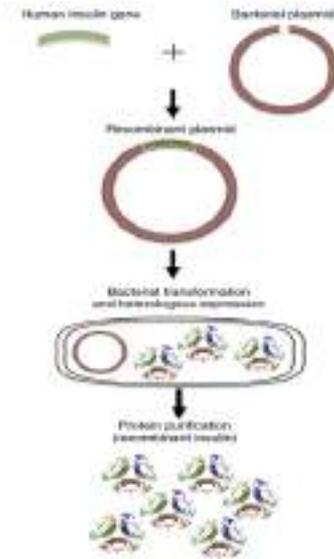
Gambar 10.2: Proses Pengembangan Bahan Obat Asal Mikroorganisme (Jozala et al., 2016)

Seiring dengan berkembangnya teknologi biologi molekuler dan DNA rekombinan, protein manusia dapat diproduksi dengan memanfaatkan ekspresi heterolog dari *Escherichia coli*. Misalnya insulin, yang banyak digunakan untuk pengobatan diabetes mellitus tipe I dan II. Insulin dipurifikasi dari ekstrak pankreas bovine dan porcine (Leader, Baca and Golan, 2008). Metode ini cukup mahal dan banyak berdampak pada respon imun pasien. Sebagai alternatif, gen insulin mulai diisolasi dan disisipkan pada gen bakteri (Gambar 10.3).

Selain bakteri, fungi juga banyak digunakan untuk menghasilkan molekul bioaktif yang digunakan sebagai bahan obat. Sebagai contoh, senyawa taxol dapat diproduksi oleh fungi endofit, dan dapat digunakan sebagai bahan obat antikanker (Jozala et al., 2016). Taxol diproduksi oleh *Fusarium oxysporum* yang ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Selain itu, fungi endofit *Aspergillus niger* pada tanaman *Taxus cuspidate* juga diketahui memproduksi taxol seperti inangnya.

Selain itu, fungi diketahui mampu memproduksi enzim ekstraseluler, salah satunya enzim laktase (enzim untuk mengkatalisis reaksi laktosa menjadi glukosa dan galaktosa. Laktase menjadi ramai dibutuhkan diindustri susu, seiring dengan meningkatkan kasus laktosa intoleran pada anak-anak. Laktase

dipasarkan dalam bentuk tablet atau kapsul sebagai suplemen makanan untuk pasien yang intoleran laktosa, sebelum mengkonsumsi susu atau produk turunannya.



Gambar 10.3: Produksi Protein Rekombinan. Gen Manusia yang Ditargetkan Diisolasi dan Digabungkan dengan Vektor (plasmid). Plasmid Mengandung Gen Manusia yang akan digunakan untuk Mentransformasi Sel Bakteri untuk Memproduksi Protein Rekombinan dalam Jumlah Besar (Jozala et al., 2016)

Molekul aktif yang memiliki aktivitas antifungi *Cytosporachrysosperma* dapat diproduksi melalui proses fermentasi dalam shaker (Li et al., 2015). Metode yang digunakan yaitu ekstraksi metabolit menggunakan pelarut organik, pemisahan dengan kromatografi cair dan kromatografi lapis tipis. Ilmuwan juga telah berhasil memproduksi amfoterisin B menggunakan kultur *Penicillium nalgiovense* yang diisolasi dari antartika.

Salah satu teknik purifikasi metabolit bahan obat yang dapat digunakan adalah teknik kromatografi. Kromatografi banyak digunakan untuk pemurnian asam nukleat, peptida, dan protein. Teknik kromatografi saat ini merupakan teknik yang paling efektif dengan aplikasi yang cukup luas di industri. Prinsip pemisahan pada kromatografi adalah berdasarkan perbedaan afinitas molekul yang dibawa oleh fasa cair melalui fasa padat (solid) selama fase stasioner.

Berdasarkan interaksi antara fasa solid dan biomolekul, teknik kromatografi dapat disederhanakan dalam lima kategori, yaitu:

1. Afinitas
2. Pertukaran ion
3. Interaksi hidrofobik
4. Ukuran molekul
5. Kromatografi bauran

Secara umum, contoh protein rekombinan yang berperan sebagai bahan obat disajikan pada Tabel 10.2.

Tabel 10.2: Contoh Protein Rekombinan Yang Berperan Sebagai Bahan Obat yang diproduksi menggunakan *E.coli* dan *S. cerevisiae* (Jozala et al., 2016)

Biofarmasetika	Merk Komersial	Penggunaan Klinis
Aldesleukin (interleukin-2)	Proleukin	Pengobatan melanoma dan kanker ginjal
Anakinra (interleukin 1 (IL1) antagonis reseptor)	Anril, Kineret	Pengobatan reumatik arthritis
Calcitonin (salmon calcitonin)	Fortical	Pengobatan osteoporosis
Filgrastim (analog pada granulocyte colony-stimulating factor)	Neupogen	Pengobatan neutropenia
Glukagon	Glukagon	Hipoglikemia
Insulin (inhalasi)	Exubera	Diabetes mellitus
Insulin (fast acting)	Lispro	Diabetes
Interferon- α 2b	Intron A	Hepatitis C kronis, leukemia, Kaposi's sarkoma
Albumin	Recombumin	Suplemen albumin dan bahan terapi albumin
Hepatitis B antigen	Engerix, Fendrix	Vaksin Hepatitis B
Hirudine	Refludan, Revasc	Antikoagulan

Bab 11

Etika dan Keberlanjutan dalam Farmakognosi

11.1 Tanaman Obat di Indonesia

Tanaman obat semakin diminati karena dimanfaatkan langsung khasiatnya sebagai obat-obatan herbal seiring meningkatnya trend gaya hidup sehat ataupun trend back to nature. Tanaman obat adalah segala jenis tumbuhan yang diketahui mempunyai khasiat baik dalam membantu memelihara kesehatan maupun pengobatan suatu penyakit. Tumbuhan obat sangat erat kaitannya dengan pengobatan tradisional, karena sebagian besar pendayagunaan tumbuhan obat belum didasarkan pada pengujian klinis laboratorium, melainkan lebih berdasarkan pada pengalaman penggunaan (Harmida dkk., 2011).

Menurut Departemen Kesehatan RI tanaman obat Indonesia seperti yang tercantum dalam SK Menkes No. 149/SK/Menkes/IV/1978, yaitu:

1. Tanaman atau bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan obat tradisional atau jamu.
2. Tanaman atau bagian tanaman yang digunakan sebagai bahan pemula bahan baku obat.

3. Tanaman atau bagian tanaman yang diekstraksi dan ekstrak tanaman tersebut digunakan sebagai obat.

Ribuan jenis tanaman tumbuh subur hampir setiap kepulauan di Indonesia. Hal ini didukung oleh kondisi bangsa Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau dan beragam suku serta tersedianya flora terlebih lagi dengan beragamnya formasi hutan Indonesia, seperti dataran rendah, dataran tinggi, rawa, dan pantai (Heming, 2000). Tumbuhan obat tradisional di Indonesia mempunyai peran yang sangat penting terutama bagi masyarakat di daerah pedesaan yang fasilitas kesehatannya masih sangat terbatas. Nenek moyang kita mengenal obat-obatan tradisional yang berasal dari tumbuhan di sekitar pekarangan rumah maupun yang tumbuh liar di semak belukar dan hutan-hutan. Masyarakat sekitar kawasan hutan memanfaatkan tumbuhan obat yang ada sebagai bahan baku obat-obatan berdasarkan pengetahuan tentang pemanfaatan tumbuhan obat yang diwariskan secara turun-temurun (Hidayat dan Hardiansyah, 2012).

11.2 Prinsip Etika Tanaman Obat

Bangsa Indonesia dipacu untuk berlomba dengan semakin maraknya kerusakan atau hilangnya sumber daya alam dan pengetahuan tradisional yang belum dikaji tentang pemanfaatan tumbuhan obat. Dengan kemajuan teknologi yang semakin pesat dan kompleks, membuat sumber daya alam bisa dieksploitasi yang menyebabkan kepunahan jenis-jenis tumbuhan, ditambah lagi dengan semakin rusaknya alam. Adanya modernisasi budaya dapat menyebabkan hilangnya pengetahuan tradisional yang dimiliki oleh masyarakat (Syamsiah, 2014).

Ada kekhawatiran bahwa hanya sebagian kecil dari spesies tanaman yang telah digunakan melalui pengujian ketat dalam kondisi terkendali dan studi klinis obat herbal sangat bervariasi kualitasnya dan kegunaannya. Saat digunakan dalam hal ini secara komplementer, obat tradisional khususnya jamu dapat bersumber secara lokal atau mungkin diimpor dari seluruh dunia. Contohnya, pengobatan herbal dari Afrika atau Cina dapat digunakan bersamaan dengan pengobatan konvensional atau pengobatan lainnya di negara Eropa. Okonronkwo (2014) dan White (2014) menyatakan bahwa tantangan utama dalam etika untuk penggunaan obat tradisional adalah banyak orang yang

mempunyai asumsi keliru bahwa produk herbal aman karena alami, tapi obat herbal mempunyai efek farmakologis, sama seperti obat-obatan sintetik. Banyak tanaman yang kuat atau beracun dan biasanya data keamanan yang tersedia untuk herbal jauh lebih sedikit produk daripada yang dibutuhkan untuk pengobatan konvensional (Wenrer, 2014).

Adams (2010) dan Gilmour (2011) menyatakan bahwa beberapa obat herbal telah dikaitkan dengan reaksi obat yang merugikan termasuk overdosis dan toksisitas, White (2014) dan Smith (2011) menambahkan adanya interaksi obat herbal, serta Rao (2011) dan Posadzki (2013) juga mengatakan adanya reaksi alergi, dan kontaminasi dengan produk lain. Selain itu, mereka diketahui mengganggu hasil tes laboratorium. Di sebagian besar wilayah di dunia, konsumen memiliki akses yang sangat mudah dalam mendapatkan obat-obatan herbal yang tidak berlisensi atau tidak terdaftar secara legal (Ernst, 2001), yang mungkin dapat mengakibatkan hal hal yang tidak diinginkan dalam penggunaan obat tanpa pengawasan seorang praktisi yang berpengalaman.

Selain itu potensi bahaya dari obat-obatan tersebut, ada juga kekhawatiran terhadap penyedia jamu karena, dibanyak lingkungan, tidak terlatih secara medis (Ernst, 2001) dan juga tidak diatur dengan baik peredarannya (Smith, 2008). Selain dampak terhadap manusia, produksi dan pengiriman obat-obatan herbal berdampak pada masyarakat setempat, lingkungan, dan komunitas. Misalnya, semakin berkembangnya permintaan akan produk herbal terstandar memberikan tekanan pada spesies permintaan tinggi terpilih (Bodeker, 2014) dan beberapa tanaman ada di dalamnya bahaya kepunahan akibat banyaknya permintaan (Rastologi, 2011).

Terlebih lagi, banyak tanaman obat yang dikumpulkan dari alam liar secara tidak terkendali karena seringnya tanaman budidaya dianggap lebih sedikit kandungan senyawa aktifnya (Ncube, 2012). Ancaman terhadap pemanenan yang tidak berkelanjutan dan kelangsungan hidup tanaman obat tidak hanya spesies tanaman obat, tetapi juga para tenaga yang melakukan budidaya (Andel, 2008). Seiring dengan pertumbuhannya di pasar global, telah terjadi peningkatan pembajakan hayati, di mana obat herbal tradisional telah dipatenkan tanpa persetujuan atau kompensasi kepada pemegangnya (Abbott, 2014).

Membatasi penggunaan akan menjadi tidak realistis dan tidak etis dari obat-obatan tradisional dibandingkan obat-obatan yang telah teruji secara intensif

karena hal ini akan menghalangi akses terhadap obat-obatan bagi seluruh masyarakat, khususnya di wilayah yang kekurangan sumber daya. Namun demikian, mengingat tantangan etika yang disebutkan di atas dalam penyediaan obat herbal, sangat penting untuk mengambil tindakan yang menghormati kebutuhan individu dan preferensi diberlakukan sambil menghindari kerugian pasien, lingkungan, dan komunitas lokal.

Mengingat produksi dan penggunaan obat herbal adalah sebuah fenomena global, maka seharusnya terdapat penerapan etika kerangka kerja yang dapat diterapkan. Baru-baru ini, dibuat semacam kerangka kerja ini muncul dari konsorsium global yang terdiri dari para peneliti, akademisi, peserta penelitian, pembuat kebijakan, dan pimpinan komite etik penelitian bersama dengan perwakilan dari badan pendanaan dan farmasi industri.

Hasilnya adalah etika dalam penggunaan tanaman obat dalam perkembangan farmakognosi didasarkan pada nilai-nilai, bukan prinsip-prinsip, yakni nilai-nilai *care*, *respect*, *honesty*, dan *fairness*.

1. Care

Bagi tenaga kesehatan dalam menjelaskan penggunaan obat herbal memerlukan pengetahuan dan keahlian; praktisi harus membuat penilaian tentang kapan obat tertentu diindikasikan, sesuai, dan aman. Oleh karena itu, penting untuk komitmen terhadap pembelajaran seumur hidup; Contoh lebih lanjut dari kepedulian dapat dilihat dalam cara praktisi berkomunikasi dengan pasien

2. Respect

Rasa menghargai dan menghormati dalam preferensi, adat istiadat, dan budaya orang mungkin berbeda satu dengan yang lainnya. Dalam budaya di mana terdapat penggunaan herbal secara tradisional obat-obatan tertentu mungkin bersifat budaya atau spiritual yang signifikansinya bagi anggota suatu kelompok atau suku. Pasien yang menggunakan obat herbal secara komplementer, pelayanan kesehatan harus menghargai dan menghormati hal tersebut. Hal ini khususnya dapat menimbulkan tantangan ketika ada perbedaan pendapat tentang apa yang paling penting membantu pasien untuk kesembuhan dan keselamatan pasien.

3. Honesty

Di semua budaya dan negara, 'jangan berbohong' adalah hal yang mendasar prasyarat untuk interaksi manusia yang memiliki etika. Oleh karena itu, praktisi herbal harus jujur dan terbuka tentang bukti hasil efektivitas maupun potensi efek samping. Kejujuran juga diperlukan dalam promosi obat herbal. Tidak etis jika menyesatkan pasien atau berjanji penyembuhan dalam keadaan di mana tidak ada kepastian manfaatnya.

4. Fairness

Artinya kualitas pengobatannya sama harus tersedia bagi semua orang, tanpa memandang ekonomi atau sosial status, atau faktor-faktor yang merugikan. Tentu kita tahu hal ini saat ini belum diaktualisasikan dalam bidang kesehatan. Inilah alasannya begitu banyak orang yang bergantung pada pengobatan herbal di daerah yang secara ekonomi menengah ke bawah karena merupakan satu-satunya pilihan yang terjangkau dan dapat diakses (Sato, 2012).

11.3 Ketepatan Penggunaan Obat Tradisional dalam Keberlanjutan Farmakognosi

Pasar obat herbal adalah salah satu yang paling cepat berkembang di dunia, dengan permintaan yang terus meningkat meningkat di negara-negara berkembang. Pertumbuhan penting ini berkaitan dengan preferensi terhadap produk alami untuk manfaat kesehatan karena dianggap lebih aman dan hemat biaya dibandingkan obat farmasi sintetik (Bareetseng, 2022).

Eksploitasi berlebihan, dapat menghasilkan perubahan pola pada struktur dan dinamika populasi tanaman yang diekstraksi, maka memengaruhi pertumbuhan dan reproduksi, kapasitas, dan bahkan dapat menyebabkan hilangnya populasi yang ada, sampai mengakibatkan hilangnya berbagai ekosistem (Sharma, 2018). Pata (2021) dan Yu (2022) mengatakan bahwa

kegiatan pertanian memberikan pengaruh terhadap lingkungan alam seperti hilangnya keanekaragaman hayati, perubahan iklim, dan polusi air, industri obat herbal di sektor ini harus mengembangkan strategi berkelanjutan yang memungkinkan peningkatan efisiensi sumber daya dalam produksi. Istilah “keberlanjutan” secara etimologis berarti memelihara dan menjamin kelestarian suatu hal, serta memikul komitmen dalam pengertian tersebut. Dengan demikian, keberlanjutan berkaitan dengan pelestarian sesuatu yang ada saat ini dan harus dipertahankan di masa depan, yang melibatkan akuntabilitas dan komitmen (Bandinelli, 2020). Namun, dalam rangka pelestarian demi kelangsungan hidup generasi mendatang, diperlukan komitmen untuk menerapkan praktik berkelanjutan oleh konsumen dan industri obat herbal.

Tanaman obat dan obat tradisional akan bermanfaat dan aman jika digunakan dengan mempertimbangkan sekurang-kurangnya enam aspek ketepatan, yaitu tepat takaran, tepat waktu dan cara penggunaan, tepat pemilihan bahan dan telaah informasi serta sesuai dengan indikasi penyakit tertentu. Disamping berbagai kelebihan, tidak bisa dipungkiri lagi bahwa tanaman obat dan obat tradisional juga memiliki beberapa kelemahan yang merupakan kendala dalam pelayanan kesehatan formal. Adapun beberapa kelemahan tersebut antara lain efek farmakologisnya lemah, bahan baku belum terstandar dan bersifat higroskopis serta volumines, belum dilakukan uji klinik dan mudah tercemar berbagai jenis mikroorganisme (Katno, 2008).

Efek samping obat tradisional relatif kecil jika digunakan secara tepat, yang meliputi:

1. Kebenaran bahan Tanaman obat di Indonesia terdiri dari beragam spesies yang kadang kala sulit untuk dibedakan satu dengan yang lain. Kebenaran bahan menentukan tercapai atau tidaknya efek terapi yang diinginkan. Sebagai contoh jahe di pasaran ada beberapa macam yang agak sulit untuk dibedakan satu dengan yang lain. Jahe putih memiliki rimpang yang besar dan gemuk, potongan melintang berwarna putih kekuningan, berserat sedikit, dan lembut. Jahe gajah biasanya dikonsumsi saat masih muda atau setelah aroma kurangnya tajam dan rasanya kurang pedas. Jahe putih memiliki potongan melintang berwarna putih kekuningan, berbentuk agak pipih, berserat lembut, dengan aroma yang agak tajam. Jahe merah memiliki serat

yang kasar, aromanya sangat tajam, dan rasanya sangat pedas. Jahe merah biasanya dipanen tua dan digunakan sebagai komponen obat-obatan.

2. Ketepatan dosis tanaman obat, seperti halnya obat buatan pabrik memang tak bisa dikonsumsi sembarangan. Tetap ada dosis yang harus dipatuhi, seperti halnya resep dokter. Hal ini menepis anggapan bahwa obat tradisional tak memiliki efek samping. Anggapan bila obat tradisional aman dikonsumsi walaupun gejala sakit sudah hilang adalah keliru. Sampai batas-batas tertentu, mungkin benar. Akan tetapi bila sudah melampaui batas, justru membahayakan. Takaran yang tepat dalam penggunaan obat tradisional memang belum banyak didukung oleh data hasil penelitian. Peracikan secara tradisional menggunakan takaran sejumput, segenggam atau pun seruas yang sulit ditentukan ketepatannya. Penggunaan takaran yang lebih pasti dalam satuan gram dapat mengurangi kemungkinan terjadinya efek yang tidak diharapkan karena batas antara racun dan obat dalam bahan tradisional amatlah tipis. Dosis yang tepat membuat tanaman obat bisa menjadi obat, sedangkan jika berlebih bisa menjadi racun.
3. Ketepatan waktu penggunaan Kunyit diketahui bermanfaat untuk mengurangi nyeri haid dan sudah turun-temurun dikonsumsi dalam ramuan jamu kunir asam yang sangat baik dikonsumsi saat datang bulan (Sastroamidjojo S, 2001). Akan tetapi jika diminum pada awal masa kehamilan berisiko menyebabkan keguguran. Hal ini menunjukkan bahwa ketepatan waktu penggunaan obat tradisional menentukan tercapai atau tidaknya efek yang diharapkan.
4. Ketepatan cara penggunaan Satu tanaman obat dapat memiliki banyak zat aktif yang berkhasiat di dalamnya. Masing-masing zat berkhasiat kemungkinan membutuhkan perlakuan yang berbeda dalam penggunaannya. Sebagai contoh adalah daun Kecubung jika dihisap seperti rokok bersifat bronkodilator dan digunakan sebagai obat asma. Tetapi jika diseduh dan diminum dapat menyebabkan keracunan/mabuk (Patterson S, dan O'Hagan D., 2002).

5. Ketepatan telaah informasi Perkembangan teknologi informasi saat ini mendorong deras nya arus informasi yang mudah untuk diakses. Informasi yang tidak didukung oleh pengetahuan dasar yang memadai dan telaah atau kajian yang cukup seringkali mendatangkan hal yang menyesatkan. Ketidaktahuan bisa menyebabkan obat tradisional berbalik menjadi bahan membahayakan.
6. Tanpa penyalahgunaan tanaman obat maupun obat tradisional relatif mudah untuk didapatkan karena tidak memerlukan resep dokter, hal ini mendorong terjadinya penyalahgunaan manfaat dari tanaman obat maupun obat tradisional tersebut. Obat yang ditarik dari peredarannya sebagian besar berupa jamu-jamuan yang mengandung Bahan-bahan Kimia Obat (BKO) berbahaya bagi tubuh pemakainya. Bahan-bahan kimia obat tersebut dapat menimbulkan efek negatif di dalam tubuh pemakainya jika digunakan dalam jumlah banyak.
7. Ketepatan pemilihan obat untuk indikasi tertentu Dalam satu jenis tanaman dapat ditemukan beberapa zat aktif yang berkhasiat dalam terapi. Rasio antara keberhasilan terapi dan efek samping yang timbul harus menjadi pertimbangan dalam pemilihan jenis tanaman obat yang akan digunakan dalam terapi.

Daftar Pustaka

- A. White, H. Boon, T. Alraek et al. (2014). Reducing the risk of complementary and alternative medicine (CAM): Challenges and priorities. *European Journal of Integrative Medicine*, vol. 6, no. 4, pp. 404–408.
- Agustina, S., Aidha, N. N., Oktarina, E., & Haruminda, J. H. (2019). Optimasi Proses Ekstraksi Karoten Dan Klorofil Dari *Spirulina Platensis* Dengan Teknologi Karbon Dioksida (CO₂) Superkritis Menggunakan Metode Permukaan Tanggap. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(2), 95. <https://doi.org/10.24817/jkk.v41i2.5593>
- Ahloowalia, B.S. (1998) *In-vitro* Techniques and Mutagenesis for the Improvement of Vegetatively Propagated Plants. Vienna: IAEA Division, International Atomic Energy Agency.
- Alamgir, A. N. M. (2018) 'Molecular Pharmacognosy—a new borderline discipline between molecular biology and pharmacognosy', in *Therapeutic Use of Medicinal Plants and their Extracts: Volume 2: Phytochemistry and Bioactive Compounds*, pp. 665-720.
- Alfath, T. (2023) STANDAR HALAL DALAM INDUSTRI OBAT-OBATAN DAN HERBAL.
- Ali, B. H. et al. (2008) 'Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research.', *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), pp. 409–420.
- Alqamari, M., Tarigan, D.M. and Alridiwersah (2017) *Budidaya Tanaman Obat & Rempah*, Umsu Press.
- Amin, A. (2012) 'Skrining Farmakognosi Tanaman Etnofarmasi Asal Kabupaten Bulukumba Yang Berpotensi Sebagai Antikanker', *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, 1(4), pp. 263-272.

- Anal, A. K., Jaisanti, S. and Noomhorm, A. (2014) 'Enhanced yield of phenolic extracts from banana peels (*Musa acuminata* Colla AAA) and cinnamon barks (*Cinnamomum varum*) and their antioxidative potentials in fish oil', *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), pp. 2632–2639. doi: 10.1007/s13197-012-0793-x.
- Anam, S. et al. (2013) 'STANDARISASI EKSTRAK ETIL ASETAT KAYU SANREGO (*Lunasia amara Blanco*)', *Online Jurnal of Natural Science*, 2(3), pp. 1–8.
- Anam, S. et al. (2022) 'Isolation of endophytic fungi from benalu batu (*Begonia Medicinalis*) and their toxicity on *Artemia Salina*.' , *Jurnal Ilmiah Farmasi*, (April), pp. 20–30. doi: 10.20885/jif.specialissue2022.art3.
- Anil, V.S., Bennur, S. and Lobo, S. (2018) 'Somaclonal variations for crop improvement: Selection for disease resistant variants in vitro', *Plant Science Today*, 5(2), pp. 44–54. Available at: <https://doi.org/10.14719/pst.2018.5.2.382>.
- Anulika NP. et al. (2016) 'The chemistry of natural product: Plant secondary metabolites.', *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research.*, 4(8), pp. 1–8.
- Arai, Y.C., Makino, I., Ikemoto, T., Saisu, H., Terajima, Y. and Owari, K., 2020. Kampo for the treatment of pain in Japan: a review. *Pain and Therapy*, 9, pp.161-170.
- Arinasa, I. B. K. and Sujarwo, W. (2014) 'Sacred uses of Indo-Malay native fruits in Balinese Adat', *Journal of Indonesian Natural History*, 2(2), pp. 27–31.
- Armita, D. (2020) 'Pemuliaan Tanaman Melalui Fusi Protoplas Plant Breeding Through Protoplast Fusion', *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 8(2), pp. 42–47. Available at: <http://jbioua.fmipa.unand.ac.id>.
- Ashar, J.R. et al. (2023) *Pengantar Kultur Jaringan Tanaman*. 1st edn. Edited by N. Rismawati. Widina Medina Utama. Available at: www.freepik.com.
- Asworo, R. Y., & Widwastuti, H. (2023). Pengaruh Ukuran Serbuk Simplisia dan Waktu Maserasi terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Sirsak. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*, 3(2), 256–263. <https://doi.org/10.37311/ijpe.v3i2.19906>

- Atun, P. D. S. (2010). BERKUALITAS INTERNASIONAL Oleh : Prof . Dr . Sri Atun Guru Besar bidang Kimia Bahan Alam , FMIPA , Universitas Negeri Yogyakarta Abstraks. 1–15.
- Atun, S. (2014). Metode Isolasi dan Identifikasi Struktural Senyawa Organik Bahan Alam. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 8(2), 53–61. <https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v8i2.132>
- B. Ncube, J. F. Finnie, and J. Van Staden. (2012). Quality from the field: the impact of environmental factors as quality determinants in medicinal plants. *South African Journal of Botany*, vol. 82, pp. 11–20.
- B2P2TOOT. (2011). Pedoman Umum Panen dan Pascapanen Tanaman Obat. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Badal, S., & Delgoda, R. (2017) 'Pharmacognosy', pp. 477-494, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands.
- Badal, S., Byfield, G., Brown, M. C., Lawrence, Y., Hartley, S. A., Daley, D. K., & Smith, K. N. (2017) 'Areas of science embraced by pharmacognosy: constituent sciences of pharmacognosy', in *Pharmacognosy*, pp. 31-44, Academic Press.
- Baghel, U. S., Singh, A., Singh, D., & Sinha, M. (2017) 'Application of mass spectroscopy in pharmaceutical and biomedical analysis', in *Spectroscopic Analyses-Developments and Applications*, pp. 105-121.
- Bandinelli, R., Acuti, D., Fani, V., Bindi, B., Aiello, G. (2020). Environmental practices in the wine industry: An overview of the Italian market. *Br. Food J*, 122. 1625–1646.
- Bareetseng, S. (2022). The Worldwide Herbal Market: Trends and Opportunities. *J. Biomed. Res. Environ. Sci.* 3, 575–584.
- Basuki, K. (2008) *Etnobotani*, Universitas Negeri Yogyakarta. Available at: www.journal.uta45jakarta.ac.id.
- Bhojwani, S.S. and Dantu, P.K. (2013) *Plant tissue culture: An introductory text*, *Plant Tissue Culture: An Introductory Text*. Springer India. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1026-9>.
- Bourgaud, F. et al. (2001) 'Production of plant secondary metabolites : a historical perspective', 161, pp. 839–851.

- BPOM (2019) Persyaratan keamanan dan mutu obat tradisional.
- BPOM (2022) Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 10 Tahun 2022 tentang Pedoman Uji Toksisitas Praktikum secara in Vivo.
- Budi, S.W. (2006) 'Module Pelatihan Pemeliharaan Tanaman Hutan', Itto Project Participatory Establishment Collaborative Sustainable Forest Management, 3(May), pp. 34–39. Available at: <http://www.dpr.go.id/dokjdih/document/uu/602.pdf>.
- C. A. Smith, R. Priest, B. Carmady, S. Bouchier, and A. Bensoussan. (2011). The ethics of traditional Chinese and western herbal medicine research: Views of researchers and human ethics committees in Australia. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2011, Article ID 256915, 7 pages.
- Cahlíková, L., Šafratová, M., Hošťálková, A., Chlebek, J., Hulcová, D., Breiterová, K., & Opletal, L. (2020) 'Pharmacognosy and its role in the system of profile disciplines in pharmacy', *Natural Product Communications*, 15(9), 1934578X20945450.
- Campbell, J. E., Thomas-Brown, P. G., & Cohall, D. H. (2024) 'Pharmacodynamics—a pharmacognosy perspective', in *Pharmacognosy*, pp. 579-596, Academic Press.
- Campbell, N.A. et al. (2008) *Biologi*. 8th edn. Jakarta: Erlangga. Available at: <http://www.erlangga.co.id>.
- Chen, S.L. et al. (2016) 'Conservation and sustainable use of medicinal plants: Problems, progress, and prospects', *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 11(1), pp. 1–10. doi:10.1186/s13020-016-0108-7.
- Christian Ebere, E., Obinna Isiuku, B. and Andrew Wirnkor, V. (2019) 'Applications of Column, Paper, Thin Layer and Ion Exchange Chromatography in Purifying Samples: Mini Review', *SF Journal of Pharmaceutical and Analytical Chemistry*, 2(2), pp. 1–6. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/337275127>.
- D. Adams, H. Nasser, S. Georges, S. Vohra, and P. Gardiner. (2010). Adverse Events of Medicinal Herbs in Children And Adolescents: A Systematic Review. *Pharmaceutical Biology*, pp. 32- 32, Taylor & Francis, Philadelphia, Pa, US.

- Danladi Chiroma Husaini, Cindy J. Bush, Israel Coc, Elsbeth Guerra, A. W. P. & C.-Y. W. (2020) 'Poisonous plants of Belize: a mini toxicological review', *Advances in Traditional Medicine*, 22, pp. 455–465. doi: <https://doi.org/10.1007/s13596-020-00486-y>.
- Darmadi, A.A.K. (2017) *Etnobotani, Ragam Etnobotani di Bali*. Denpasar: Udayana University Press.
- Darwin, C. and Bynum, W. (2009) *On The Origin of Species: By Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Wordsworth, Resonance. Wordsworth. doi: 10.1525/aa.1959.61.1.02a00760.
- Das, P. R. and Eun, J. (2020) Tea antioxidants in terms of phenolic and nonphenolic metabolites, *Pathology. INC.* doi: 10.1016/B978-0-12-815972-9.00034-2.
- Delgado-Paredes, G.E. et al. (2017) 'Development and agronomic evaluation of in vitro somaclonal variation in sweet potato plants from direct organogenesis in roots', *Pelagia Research Library*, 7(1), pp. 39–48. Available at: www.pelagiaresearchlibrary.com.
- Departemen Kesehatan. (1978). SK Menkes No. 149/SK/Menkes/IV/1978 tentang Definisi Tanaman Obat. Jakarta: Departemen Pertanian RI.
- Dewoto, R.H. (2007) 'Pengembangan Obat Tradisional Indonesia Menjadi Fitofarmaka: Untuk Pemanfaatan Pada Pelayanan Kesehatan'. Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Dhami, N. (2013) 'Trends in Pharmacognosy: A modern science of natural medicines', *Journal of Herbal Medicine*, 3(4), pp. 123-131.
- Ditjen. (2014). *Warta Ekspor Obat Herbal Tradisional*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Jakarta
- Dobrzynska, M., Napierala, M. and Florek, E. (2020) 'Flavonoid nanoparticles: A promising approach for cancer therapy', *Biomolecules*, 10(9), pp. 1–17. doi: 10.3390/biom10091268.
- E. Ernst and M. H. Cohen. (2001). Informed consent in complementary and alternative medicine. *JAMA Internal Medicine*, vol. 161, no. 19, pp. 2288–2292.

- E. Ernst. (2004). Challenges for phytopharmacovigilance,” *Postgraduate Medical Journal*, vol. 80, no. 943, pp. 249-250.
- Efremila., W. E. dan S. L. (2015) ‘Studi Etnobotani Tumbuhan Obat Oleh Etnis Suku Dayak Di Desa Kayu Tanam Kecamatan Mandor Kabupaten Landak’, *Jurnal Hutan Lestari*, 3, pp. 234–246.
- Ekstraksi, M. (2020). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*. 3(1), 9–14.
- Elufioye, T.O. and Badal, S. (2017) ‘Background to Pharmacognosy’, in *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategy*. Elsevier Inc., pp. 3–13. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00001-9>.
- Emelda (2017) ‘Toksistas Kumis Kucing (*Orthosiphon stamineus*) sebagai Anti Hipertensi.’, *AKFARINDO*, 2(1), pp. 13–18.
- Endang, A. et al. (2022) ‘Hasil Uji Toksisitas Subkronis Temulawak Terhadap Nilai Hemoglobin , Hematokrit , dan Leukosit Tikus’, *Jurnal Pharmascience*, 9(2), pp. 234–247.
- Esfandiari, F. and Al-Fatih, S. (2022) ‘Optimalisasi Regulasi Jaminan Produk Halal & Sertifikasi Halal LPPOM MUI untuk Produk Minuman Herbal’, *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), p. 137. Available at: <https://doi.org/10.30651/aks.v6i1.11759>.
- Estiati, A. and Herman, M. (2015) ‘Regulasi Keamanan Hayati Produk Rekayasa Genetik Di Indonesia’, *Analisis Kebijakan Pertanian*, 13(2), pp. 129–146.
- Fauziyah Kusnadi, I. (2023) ‘Tata cara sertifikasi pemenuhan aspek cara pembuatan obat tradisional yang baik (CPOTB) bertahap dalam rangka kemudahan bagi usaha mikro kecil (UMK) di Bandung Jawa barat’, *jurnal of pharmaceutical and sciences*, 6(3), pp. 1243–1247.
- Firmansyah, E. K. (2017) ‘Kearifan Lokal dalam Pengobatan Tradisional Masyarakat Desa Lumbungsari Kec. Lumbung Kabupaten Ciamis’, *Metahumaniora*, 7(1), p. 65. doi: 10.24198/mh.v7i1.23329.
- G. Bodeker, C. Van’T Klooster, and E. Weisbord. (2014). *Prunus africana* (Hook.f.) Kalkman: the overexploitation of a medicinal plant species and its legal context. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, vol. 20, no. 11, pp. 810–822.

- Gandjar, I.B. and A. Rohman. (2007). *Kimia Analisis Farmasi*. Yogyakarta : Fakultas Farmasi, Universitas Gadjah Mada.
- Gershenzon, J. (1984) 'Changes In The Levels Of Plant Secondary Metabolites'.
- Gleba, Y., Klimyuk, V. and Marillonnet, S. (2007) 'Viral vectors for the expression of proteins in plants', *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2), pp. 134–141. doi: 10.1016/j.copbio.2007.03.002.
- Guerriero, G. et al. (2018) 'Production of Plant Secondary Metabolites: Examples , Tips and Suggestions for Biotechnologists'. doi: 10.3390/genes9060309.
- Guo, X. and Mei, N. (2016) 'Aloe vera: A review of toxicity and adverse clinical effects', *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev.*, 34(2), pp. 77–96. doi: 10.1080/10590501.2016.1166826.Aloe.
- Hakim, L. (2015) *Rempah & Herba*. Yogyakarta: Diandra Creative.
- Hammad, M. A. et al. (2018) 'Plant toxins and acute medicinal plant poisoning in children: A systematic literature review.', *Journal of Research in Medical Sciences*, 23(26), pp. 1–9. doi: 10.4103/jrms.JRMS.
- Hanifa, N.I. et al. (2021) 'Phytochemical Screening of Decoction and Ethanolic Extract of *Amomum dealbatum* Roxb. Leaves', *Jurnal Biologi Tropis*, 21(2), pp. 510–518. doi:10.29303/jbt.v21i2.2758.
- Harmida, Sarno and Yuni, V.F. (2011) 'Studi Etnofitomedika di Desa Lawang Agung Kecamatan Mulak Ulu Kabupaten Lahat Sumatera Selatan', *Jurnal Penelitian Sains*, 14(D), pp. 42–46.
- Harmida., Sarno dan Yuni, V. F. (2011). Studi Etnofitomedika di Desa Lawang Agung Kecamatan Mulak Ulu Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 14 (1) : 42 – 46.
- Hayati, J. P., Helmina, S. and Hidayah, Y. (2021) 'Kajian Etnobotani Tumbuhan Obat Tradisional Oleh Masyarakat Kampung Padang Kecamatan Sukamara Kabupaten Sukamara', *Jurnal Pendidikan Hayati*, 7(1), pp. 20–28.
- Hembing, H. M. W. (2000). *Potensi Tumbuhan Obat Asli Indonesia Sebagai Produk Kesehatan*. Risalah Perlemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isolop dan Radiasi : 25 – 31.

- Hidayat, D dan G. Hardiansyah. (2012). Studi Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat di Kawasan IUPHHK PT. Sari Bumi Kusuma Camp Tontang Kabupaten Sintang. *Vokasi*, 8 (2): 61 – 68.
- Hujjatusnaini, N., Ardiansyah., Indah, B., Afitri, E., Widyastuti, R. (2021). Buku Referensi Ekstraksi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Agama Islam Negeri Palangkaraya. Palangkaraya
- I. Okoronkwo, J.-L. Onyia-Pat, P. Okpala, M.-A. Agbo, and A. Ndu. (2014). Patterns of complementary and alternative medicine use, perceived benefits, and adverse effects among adult users in Enugu Urban, Southeast Nigeria. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2014, Article ID 239372, 6 pages.
- Irwin, M. E., & Irby-Massie, G. L. (2016) 'Greek and Roman botany', *A Companion to Science, Technology, and Medicine in Ancient Greece and Rome*, 1, pp. 265-280.
- Isah, T. (2019) 'Stress and defense responses in plant secondary metabolites production', *Biological Research*. BioMed Central, pp. 1–25. doi: 10.1186/s40659-019-0246-3.
- Islam, Tawhida et al. (2023) 'Ethnobotanical uses and phytochemical, biological, and toxicological profiles of *Datura metel* L.: A review', *Current Research in Toxicology*. Elsevier B.V., 4(March), p. 100106. doi: 10.1016/j.crttox.2023.100106.
- J. Gilmour, C. Harrison, L. Asadi, M. H. Cohen, and S. Vohra. (2011). Complementary and alternative medicine practitioners' standard of care: Responsibilities to patients and parents. *Pediatrics*, vol. 128, no. 4, pp. S200–S205.
- Jayasimha Goud, B. and Poornima, D. (2018) 'Preliminary Qualitative Phytochemical Screening and Fluorescence Analysis of Methanolic Leaf Extract of *Artemisia Absinthium*', *European Journal Of Biomedical And Pharmaceutical Sciences*, 5(11), pp. 412–417. Available at: www.ejbps.com.
- Jocks, I. T. (2020) 'Scribonius Largus' Compounding of Drugs (Compositiones medicamentorum): introduction, translation, and medico-historical comments' (Doctoral dissertation, University of Glasgow).

- Jozala, A. F. et al. (2016) 'Biopharmaceuticals from microorganisms: from production to purification', *Brazilian Journal of Microbiology*, 47, pp. 51–63. doi: 10.1016/j.bjm.2016.10.007.
- K. R. Smith. (2008). Anomalous therapies and public health: A utilitarian bioethical response. *Public Health Nursing*, vol. 25, no. 3, pp. 269–277.
- Kadam, S.T. and Pawar, A.D. (2020) 'Conservation of Medicinal Plants: a Review', *International Ayurvedic Medical Journal*, 8(7), pp. 3890–3895. doi:10.46607/iamj0807112020.
- Kalske, A. (2018) 'Plant Secondary Metabolite Diversity and Species Interactions'.
- Karp, A. et al. (1998) 'Molecular Tools for Screening Biodiversity, Molecular technologies for biodiversity evaluation: Opportunities and challenges', in *Nature Biotechnology*. Springer Netherlands, pp. 625–628. Available at: https://doi.org/10.1007/978-94-009-0019-6_39.
- Kasper, D. et al. (2015) *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 19th Edition. New York: McGraw-Hill Professional.
- Kasumewuho, D. et al. (2023) 'Pelatihan Pembuatan Biskuit dari Daun Kedondong Hutan (*Spondias pinnata* (Linn . F .) Kurz) Sebagai Cemilan Antidiabetes', *Nadikami*, 01(2).
- Katno. (2008). *Tingkat Manfaat, Keamanan dan Efektifitas Tanaman Obat Dan Obat Tradisional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional (B2T2TO-OT), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jawa Tengah. 58 hal.
- Kemkes RI (2008) *Farmakope Herbal Edisi I*, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Kemkes RI (2017) *Farmakope Herbal Indonesia Edisi II*, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta. doi:10.1201/b12934-13.
- Kementerian Kesehatan (2015) *100 Top Tanaman Obat Indonesia*. Kementerian Kesehatan.
- Khan, H. (2014) 'Medicinal plants in light of history: recognized therapeutic modality', *Journal of evidence-based complementary & alternative medicine*, 19(3), pp. 216-219.

- Kinghorn, A. (2012) *Drug Discovery From Natural Products*. 6th edn. Edited by R. Lemke and D. William. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins: Foy's Principles Of Medicinal Chemistry.
- Kinnings, S. L. et al. (2009) 'Drug discovery using chemical systems biology: Repositioning the safe medicine Comtan to treat multi-drug and extensively drug resistant tuberculosis', *PLoS Computational Biology*, 5(7), pp. 1–10. doi: 10.1371/journal.pcbi.1000423.
- Krishna, H. et al. (2016) 'Somaclonal variations and their applications in horticultural crops improvement', *3 Biotech*. Springer Verlag, pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0389-7>.
- Kumar, A., Mahajan, A. and Begum, Z. (2020) 'Phytochemical screening and in vitro study of free radical scavenging activity of flavonoids of aloe vera', *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 13(2), pp. 593–598. doi:10.5958/0974-360X.2020.00112.2.
- Kuncarli, I. and Djunarko, I. (2014) 'Uji Toksisitas Subkronis Infusa Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav) pada Tikus: Studi Terhadap Gambaran Mikroskopis Jantung dan Kadar SGOT Darah', *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 11(2), pp. 86–95.
- Lajis, N., Maulidiani, M., Abas, F., & Ismail, I. S. (2017) 'Metabolomics Approach in Pharmacognosy', in *Pharmacognosy*, pp. 477–494.
- Larkins, N., & Wynn, S. (2004) 'Pharmacognosy: phytomedicines and their mechanisms', *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 34(1), pp. 291–327.
- Lavenia, C. et al. (2019) 'Tumbuhan Herbal dan Kandungan Senyawa pada Jamu sebagai Obat Tradisional di Desa Kayumas, Situbondo (Studi Ethnobotani)', *Jurnal KSM Eka Prasetya UI*, 1(5), pp. 1–9. Available at: <https://ksm.ui.ac.id/wp-content/uploads/2019/10/Tumbuhan-Herbal-dan-Kandungan-Senyawa-pada-Jamu-sebagai-Obat-Tradisional-di-Desa-Kayumas-Situbondo.pdf>57–64.
- Leader, B., Baca, Q. J. and Golan, D. E. (2008) 'Protein therapeutics: A summary and pharmacological classification', *Nature Reviews Drug Discovery*, 7(1), pp. 21–39. doi: 10.1038/nrd2399.
- Lestari, E.G. et al. (2016) 'Induksi Mutasi dan Keragaman Somaklonal untuk Meningkatkan Ketahanan Penyakit Blas Daun pada Padi Fatmawati',

- Buletin Plasma Nutfah, 16(2), p. 96. Available at: <https://doi.org/10.21082/blpn.v16n2.2010.p96-102>.
- Li, C. W. et al. (2015) 'Isolation, purification, and structural identification of an antifungal compound from a *Trichoderma* strain', *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(8), pp. 1257–1264. doi: 10.4014/jmb.1410.10027.
- Liu, Q., Luo, L. and Zheng, L. (2018) 'Lignins : Biosynthesis and Biological Functions in Plants'. doi: 10.3390/ijms19020335.
- M. M. Rao, A. K. Meena, and Galib. (2011). Detection of toxic heavy metals and pesticide residue in herbal plants which are commonly used in the herbal formulations. *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 181, no. 1-4, pp. 267–271.
- Mamtimin, B., Xia, G., Mijit, M., Hizbulla, M., Kurbantay, N., You, L., & Upur, H. (2015) 'Metabolic differentiation and classification of abnormal Savda Munziq's pharmacodynamic role on rat models with different diseases by nuclear magnetic resonance-based metabonomics', *Pharmacognosy magazine*, 11(44), pp. 698.
- Martínez, M. (2022) Differences between in vitro, in vivo and in silico assays in preclinical research., *ZeClinics*. Available at: <https://www.zeclinics.com/blog/differences-between-in-vitro-in-vivo-and-in-silico-assays-in-preclinical-research/> (Accessed: 11 November 2023).
- Marwati and Amidi (2018) 'Pengaruh Budaya, Persepsi, dan Kepercayaan Terhadap Keputusan Pembelian Obat Herbal', *Jurnal Ilmu Manajemen* , 7(2), pp. 168–180.
- Masic, I., Skrbo, A., Naser, N., Tandir, S., Zunic, L., Medjedovic, S., & Sukalo, A. (2017) 'Contribution of Arabic medicine and pharmacy to the development of health care protection in Bosnia and Herzegovina-the First Part', *Medical Archives*, 71(5), pp. 364.
- Meles, D. K. (2010) *Peran Uji Praklinik Dalam Bidang, Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair (AUP)*. Available at: https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/767616f64cd58798f36164d0c9396ffb.pdf.

- Mirtha Guerrero-Alva, D. (2019) 'Flavonoids of Organic Banana Peels (<i>Musa cavendishii</i>)', *International Journal of Food Science and Biotechnology*, 4(2), p. 40. doi: 10.11648/j.ijfsb.20190402.12.
- Mukhtarini. (2014). Mukhtarini, "Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, dan Identifikasi Senyawa Aktif," *J. Kesehat.*, vol. VII, no. 2, p. 361, 2014. *J. Kesehat.*, VII(2), 361. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11293-018-9601-y>
- Naemi, M. et al. (2021) 'Possible potentials of curcumin for pregnancies complicated by intra-uterine growth restriction: role of inflammation, angiogenesis, and oxidative stress', *Heliyon*. Elsevier Ltd, 7(9), p. e08034. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e08034.
- Nahashon, M. (2013) 'Conservation of Wild-harvested Medicinal Plant Species in Tanzania', *Examensarbete i Hållbar Utveckling*, p. 50. Available at: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:615493/FULLTEXT01.pdf>.
- Nasim, N., Sandeep, I. S. and Mohanty, S. (2022) 'Plant-derived natural products for drug discovery: current approaches and prospects', *Nucleus (India)*, 65(3), pp. 399–411. doi: 10.1007/s13237-022-00405-3.
- Nasser, M., Tibi, A., & Savage-Smith, E. (2009) 'Ibn Sina's Canon of Medicine: 11th century rules for assessing the effects of drugs', *Journal of the Royal society of Medicine*, 102(2), pp. 78-80.
- Ningsih, H. et al. (2021) *Pengantar Bioteknologi*. 1st edn. Edited by J. Simarmata. Yayasan Kita Menulis.
- Nooreen, Z., Rai, V. K. and Yadav, N. P. (2018) 'Phytopharmaceuticals: A new class of drug in India', *Annals of Phytomedicine: An International Journal*, 7(1), pp. 27–37. doi: 10.21276/ap.2018.7.1.4.
- Nugroho, A.W. (2017) 'Review: Konservasi Keanekaragaman Hayati Melalui Tanaman Obat Dalam Hutan Di Indonesia Dengan Teknologi Farmasi: Potensi Dan Tantangan', *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(7), pp. 377–383. doi:10.25026/jsk.v1i7.71.
- Nurhasanah and Sunaryo, W. (2019) *Fusi Protoplas*. 1st edn. Bogor: IPB Press.
- Nurlansi, Nasruddin and Sari, F. (2015) 'Uji Toksisitas Senyawa Bioaktif Tumbuhan Polohi Wasu (*Begonia* sp.) terhadap Larva Udang (*Artemia*

- salina Leach)', *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(3), pp. 138–145. doi: 10.25026/jsk.v1i3.31.
- Oratmangun, K.M. et al. (2017) 'Deskripsi Jenis-Jenis Kontaminan Dari Kultur Kalus *Catharanthus roseus* (L.) G. Donnaman', *Jurnal MIPA UNSRAT online*, 6(1), pp. 47–52.
- Orhan, I. E. (2014) 'Pharmacognosy: Science of natural products in drug discovery', *BioImpacts: BI*, 4(3), pp. 109.
- Özaslan, M. and Oguzkan, S. B. (2018) 'Use of plant extracts in alternative medicine', *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 21(1), pp. 1–7. doi: 10.3923/pjbs.2018.1.7.
- P. Curtis and S. Gaylord. (2005). Safety Issues in the Interaction of Conventional, Complementary, and Alternative Health Care. *Complementary Health Practice Review*, vol. 10, no. 1, pp. 3–31.
- P. Posadzki, L. K. Watson, and E. Ernst. (2014). Adverse effects of herbal medicines: An overview of systematic reviews. *Clinical Medicine*, vol. 13, no. 1, pp. 7–12.
- P. Posadzki, L. Watson, and E. Ernst. (2013). Contamination and adulteration of herbal medicinal products (HMPs): an overview of systematic review. *European Journal of Clinical Pharmacology*, vol. 69, no. 3, pp. 295–307.
- Park, H.J., Kim, D.H., Park, S.J., Kim, J.M. and Ryu, J.H., 2012. Ginseng in traditional herbal prescriptions. *Journal of ginseng research*, 36(3), p.225.
- Pata, U.K. (2021). Linking renewable energy, globalization, agriculture, CO2 emissions and ecological footprint in BRIC countries: A sustainability perspective. *Renew. Energy* 173, 197–208.
- Patterson S, O'Hagan D. (2002) Bio synthetic studies on the tropane alkaloid hyoscyamine in *Datura stramonium*; hyoscyamine is stable to in vivo oxidation and is not derived from littorine via a vicinal interchange process. *Phytochemistry*, 61(3), 323-9.
- Pemerintah RI (2010) 'Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2010 tentang Hortikultura'.
- Pferschy-Wenzig, E. M., & Bauer, R. (2015) 'The relevance of pharmacognosy in pharmacological research on herbal medicinal products', *Epilepsy & behavior*, 52, pp. 344-362.

- Poerba, Y.S. et al. (2016) 'INDUKSI MUTASI KULTUR IN VITRO *Amorphophallus muelleri* Blume DENGAN IRRADIASI GAMMA', *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3), p. 355. Available at: <https://doi.org/10.29122/jtl.v10i3.1482>.
- Prasetya, F., Arifuddin, M. and Ibrahim, A. (2021) 'Identifikasi Senyawa Marker Dominan Ekstrak Daun Sirih Hitam dan Kuantifikasi Berdasarkan Perbedaan Lokasi Tanam', *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 3(2), pp. 147–157. Available at: <https://doi.org/10.25026/jsk.v3i2.386>.
- Prianto, Y. and Yudhasasmita, S. (2017) 'Tanaman Genetically Modified Organism (GMO) dan Perspektif Hukumnya di Indonesia', *Al-Kaunyah: Jurnal Biologi*, 10(2), pp. 133–142. Available at: <https://doi.org/10.15408/kaunyah.v10i2.5264>.
- Puji Dyah Nurhayati, A. et al. (2022) 'Produk Herbal Ramah Lingkungan di Desa Oro-oro Ombu- Batu Malang, Provinsi Jawa Timur Dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Masyarakat', *Sewagati*, 6(4), pp. 1–14. Available at: <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i4.98>.
- putra, i gede cahyadi, pandawani, ni putu and citra, made emy andayani (2015) 'PENINGKATAN KUALITAS PRODUK HERBAL DAN KOSMETIKA NATURAL BALI', *jurnal bakti saraswati*, 4(2), pp. 91–100.
- Putra, R.A., Wiryono, Apriyanto, E. (2013) 'Studi Etnobotani Suku Serawai di Kelurahan Sukaramai Kecamatan Selebar Kota Bengkulu.', *Jurnal Penelitian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, pp. 217–224.
- R. Abbott. (2014). Documenting traditional medical knowledge, World Intellectual Property Organization.
- Rachmawati, S. R., & Suriawati, J. (2019). Identifikasi Senyawa Kimia Dan Nilai Gizi Ekstrak Air Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.) Sebagai Pengawet Alami Mie Basah. *SANITAS: Jurnal Teknologi Dan Seni Kesehatan*, 10(2), 102–116. <https://doi.org/10.36525/sanitas.2019.11>
- Raharjo, S.H.T. (2013) *Bioteknologi Tanaman Dalam Persepektif Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura*, "in Kumpulan Pidato Guru Besar Unpatti: Sintesis Pemikiran Ilmiah untuk Pembangunan Wilayah Kepulauan di Indonesia. 1st edn. Ambon: CV Anugrah Sejati Ambon.

- Rahayu, M; Keim, A.P. Nikmatullah, M; Rustiami, H; Susan, D. Sujarwo, W. (2021) 'The Ethnoecology of Sasak People in MAndalika, Lombok Island: Local Knowledge and Wisdom in Relation with Land Use', 10(3), pp. 407–415. doi: 10.15294/jpii.v10i3.30343.
- Rakow, D. A., & Lee, S. A. (2015) 'Western botanical gardens: history and evolution', in *Horticultural Reviews: Volume 43*, pp. 269-310.
- Ramadanti, N.A., Putri, D.H. and Hartati, N.S. (2020) 'Karakteristik Molekuler Variasi Somaklonal Ubi Kayu Varietas Carvita 25 Menggunakan Marka SSR', *Jurnal Ilmu Dasar*, 21(2), pp. 87–96.
- Ramdhayani, A. N. and Fajri, H. (2023) 'Pemanfaatan Tumbuhan Obat Tradisional Masyarakat Desa Semata Kecamatan Tangaran Kabupaten Sambas', *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), pp. 330–342.
- Rao, R.V., Descamps, O., John, V. and Bredesen, D.E., 2012. Ayurvedic medicinal plants for Alzheimer's disease: a review. *Alzheimer's research & therapy*, 4, pp.1-9.
- Reni Yuslianti, E. et al. (2016) *Standardisasi Farmasitikal Bahan Alam Menuju Fitofarmaka Untuk Pengembangan Obat Tradisional Indonesia*.
- Rita, W. S. et al. (2021) 'Antibacterial activity of flavonoids from ethyl acetate extract of milk banana peel (*Musa x paradisiaca* l.)', *HAYATI Journal of Biosciences*, 28(3), pp. 223–231. doi: 10.4308/hjb.28.3.223.
- Rosales-Mendoza, S. (2020) 'Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19?', *Expert Opinion on Biological Therapy*, 20(6), pp. 545–548. doi: 10.1080/14712598.2020.1752177.
- S. M. Werner. (2014). Patient safety and the widespread use of herbs and supplements. *Frontiers in Pharmacology*, vol. 5.
- S. Rastogi and K. Kaphle. (2011). Sustainable traditional medicine: taking the inspirations from ancient veterinary science. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2011, Article ID 151435.
- Saputri, D. et al. (2021) 'Etnobotani tumbuhan obat di Desa Serkung Biji Asri, Kecamatan Kelumbayan Barat, Kabupaten Tanggamus, Lampung', *Prosiding SEMNAS BIO*, 1, pp. 225–240. Available at: <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/>

34%0Ahttps://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/download/34/27.

- Sari, D. K., Wardhani, D. H., & Prasetyaningrum, A. (2012). Pengujian Kandungan Total Fenol *Kappahycus Alvarezzi* dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik dengan Variasi Suhu dan Waktu. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1), 40–45.
- Sarker, S. D. (2012) 'Pharmacognosy in modern pharmacy curricula', *Pharmacognosy magazine*, 8(30), pp. 91.
- Sastroamidjojo S. (2001). *Obat Asli Indonesia*. Dian Rakyat. Jakarta.
- Sato, M., Hosokawa, M. and Doi, M. (2011) 'Somaclonal variation is induced de novo via the tissue culture process: A study quantifying mutated cells in *Saintpaulia*', *PLoS ONE*, 6(8). Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023541>.
- Sato. (2012). Do Inequalities in Health Care Utilization in Developing Countries Change When We Take into Account Traditional Medicines?. *World Development*, vol. 40, no. 11, pp. 2275–2289.
- Shabana, Barkatullah, & Nafees, M. (2022) 'Pharmacognostic standardization of *Xanthium spinosum* L. through scanning electron microscopy and analytical techniques', *Microscopy Research and Technique*, 85(12), pp. 3736-3754.
- Shaikh, J.R. and Patil, M. (2020) 'Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview', *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), pp. 603–608. doi:10.22271/chemi.2020.v8.i2i.8834.
- Sharma, N., Kala, C.P. (2018). Harvesting and management of medicinal and aromatic plants in the Himalaya. *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants* 8, 1–9.
- Sihotang, H. and Ummiyati, S. R. (2018) 'Toxicities of temephos, essential oil of ginger (*Zingiber officinale* Roxb), and *Bacillus thuringiensis* ssp. *Israelensis* (Bti) against *Ae. aegypti* larvae from North Sumatra.', (*BKM Journal of Community Medicine and Public Health*) Volume, 34(3), pp. 121–130.
- Solichatun, S. et al. (2020) 'Penerapan Teknologi Kultur Jaringan Bagi Petani Angrek Di Desa Berjo, Karanganyar', *Prosiding Konferensi Nasional*

- Pengabdian Kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR), 3, pp. 217–223. Available at: <https://doi.org/10.37695/pkmcscr.v3i0.935>.
- Subiono, T. (2020) 'Pengaruh Ekstrak Melia azedarach terhadap Aktivitas Makan pada Larva Spodoptera frugiferda (Lepidoptera : Noctuidae) (Effect of Melia azedarach Extract on Eating Activity in Larvae of Spodoptera frugiferda (Lepidoptera : Noctuidae))', *Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab*, 3(1), pp. 61–65.
- Sudewi, S., & Nugraha, S. M. (2018) 'Sejarah farmasi islam dan hasil karya tokoh-tokohnya', *Aqlam: Journal of Islam and Plurality*, 2(1).
- Sujarwo, W. (2018) 'Bamboo Resource, Cultural Values, and Ex-situ Conservation in Bali, Indonesia', *Journal of printing science and technology*, 55(4), pp. 255–257.
- Sukmadjaja, D. et al. (2007) 'Teknik Isolasi dan Kultur Protoplas Tanaman Padi', *Jurnal AgroBiogen*, 3(2), pp. 60–65.
- Summerfield, S. and Dong, K. (2013) 'In vitro, in vivo, and in silico models of drug distribution into the brain.', *J Pharmacokinet Pharmacodyn*, 40, pp. 301–14. doi: <https://doi.org/10.1007/s10928-013-9303-7>.
- Süntar, I. (2019) 'Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants', *Phytochemistry Reviews*, 19(5), pp. 1199–1209. doi: [10.1007/s11101-019-09629-9](https://doi.org/10.1007/s11101-019-09629-9).
- Supena, E.D.J. (2018) 'Pengembangan Teknologi Haploid Cabai: Dari Recalcitrants Menjadi Reponsif, Dari Laboratorium ke Lapang dan Industri', *Seminar Nasional Biologi dan Pendidikan Biologi UKSW*, pp. 1–2.
- Supriyadi, M., & Moh Fakhry, dan. (2022). EFFECT OF EXTRACTION METHOD AND SIZE REDUCTION ON THEANTIOXIDANT CONTENT OF NEEM LEAF EXTRACT (Azadirachta indica Juss). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(4), 522–530.
- Surh, Y. J. (2011) 'Reverse pharmacology applicable for botanical drug development-inspiration from the legacy of traditional wisdom', *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 1(1), pp. 5–7. doi: [10.1016/S2225-4110\(16\)30051-7](https://doi.org/10.1016/S2225-4110(16)30051-7).

- Surtina et al. (2019) 'Analisis Kualitatif Metabolit Sekunder Estraksi Daging Buah Kelubi (*Eleiodoxa conferta*) Menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE)', Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat, pp. 16–19.
- Sutini et al. (2023) "Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan, "Teknologi Kultur In Vitro untuk Produksi Benih Tanaman yang Berkelanjutan", Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-47 UNS , 7(1), pp. 1318–1322.
- Syamsiah. (2014). Eksplorasi Tumbuhan Obat Tradisional Di Kecamatan Pamboang Kabupaten Majene Sulawesi Barat. *Jurnal Bionature*, 15 (2) : 127–136.
- T. van Andel and R. Havinga. (2008). Sustainability aspects of commercial medicinal plant harvesting in Suriname. *Forest Ecology and Management*, vol. 256, no. 8, pp. 1540–1545.
- Tandi, J. et al. (2020) 'Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Etanol Buah Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis', Kovalen: *Jurnal Riset Kimia*, 6(1), pp. 74–80. doi:10.22487/kovalen.2020.v6.i1.15044.
- Tando, E. (2018) 'Review : Potensi Senyawa Metabolit Sekunder dalam Sirsak (*Annona muricata*) dan Srikaya (*Annona squamosa*) sebagai Pestisida Nabati untuk Pengendalian Hama dan Penyakit pada Tanaman Review : Potency of Secondary Metabolite Componds from Soursop (*Annona muricata*) and Sugar Apple (*Annona squamosa*) as Plant-Based Pesticides for Controlling Pests and Diseases of Plants', 6(1), pp. 21–27.
- Tantra, D. K. and Rasna, I. W. (2017) 'Diversifikasi tanaman herbal menjadi produk minuman untuk masyarakat lokal dan wisatawan', *Jurnal Kajian Bali (Journal of Bali Studies)*, 7(1), p. 105. doi: 10.24843/jkb.2017.v07.i01.p07.
- Teoh, E. S. (2016) 'Secondary Metabolites of Plants 5'. doi: 10.1007/978-3-319-24274-3.
- Thao, N.T.P. et al. (2003) 'Induction of tetraploids in ornamental *Alocasia* through colchicine and oryzalin treatments', *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72, pp. 19–25.

- Twaij, B. M. and Hasan, N. (2022) 'Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources : Types , Synthesis , and Their Therapeutic Uses', pp. 4–14.
- Wardani, A.K., Wijayanti, S.D. and Widyastuti, E. (2017) Pengantar Bioteknologi. Malang: UB Press.
- Wawan Sujarwo (2023) Kekinian Etnobotani Indonesia: Peran, Potensi, Tantangan, dan Peluang dalam Mendukung Pemanfaatan Sumber Daya Tumbuhan Berkelanjutan. Jakarta: Penerbit BRIN. doi: 10.55981/brin.782.
- Wijanarka, W. et al. (2015) 'Intergenous Protoplast Fusion between *Pichia manshurica* and *Rhodospiridium paludigenum* to Increase the Production of Inulinase', *Makara Journal of Science*, 18(4). Available at: <https://doi.org/10.7454/mss.v18i4.4276>.
- Winarsih, W. et al. (2012) 'Uji Toksisitas Akut Ekstrak Rimpang Kunyit pada Mencit : Kajian Histopatologis Lambung, Hati dan Ginjal.', *Jurnal Veteriner*, 13(4), pp. 402–409.
- Wulandari, R. (2022) Elemen 4: Teknik Dasar Proses Produksi Tanaman, Modul Ajar Dasar-Dasar Agribisnis Tanaman. Tuban: SMK Negeri 1 Singgahan.
- Yang, F., Ding, F., Chen, H., He, M., Zhu, S., Ma, X., ... & Li, H. (2018) 'DNA barcoding for the identification and authentication of animal species in traditional medicine', *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018.
- Yesilada, E., 2011. Contribution of traditional medicine in the healthcare system of the Middle East. *Chinese journal of integrative medicine*, 17, pp.95-98.
- Yu, S., Mu, Y. (2022). Sustainable Agricultural Development Assessment: A Comprehensive Review and Bibliometric Analysis. *Sustainability* 2022, 14, 11824.
- Yuan, H., Ma, Q., Ye, L., & Piao, G. (2016) 'The traditional medicine and modern medicine from natural products', *Molecules*, 21(5), pp. 559.
- Yuhernita and Juniarti (2011) 'Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Daun Surian yang Berpotensi sebagai Antioksidan', *Fakultas Kedokteran Universitas Yarsi Jakarta*, 15(1), pp. 48–52.

- Yulianti, D., Susilo, B., & Yulianingsih, R. (2014). Pengaruh Lama Ekstraksi dan Konsentrasi Pelarut Etanol Terhadap Sifat Fisika-Kimia Ekstrak Daun Stevia (*Stevia Rebaudiana* Bertoni M.) Dengan Metode Microwave Assisted Extraction (MAE). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 2(1), 35–41.
- Yuwono, T. (2016) *Bioteknologi Pertanian*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Zheng, X. S., Chan, T.-F. and Zhou, H. H. (2004) 'Genetic and Genomic Approaches to Identify and Study the Targets of Bioactive Small Molecules', *Chemistry & Biology*, 11, pp. 609–618. doi: 10.1016/j.
- Zulkarnain (2004) 'Peranan Bioteknologi Dalam Menunjang Program Pemuliaan Tanaman', *Jurnal Agronomi*, 8(2), pp. 125–131.
- Zunic, L., Skrbo, A., & Dobraca, A. (2017) 'Historical contribution of pharmaceuticals to botany and pharmacognosy development', *Materia Socio-Medica*, 29(4), pp. 291.

Biodata Penulis



Arviani. Saat ini adalah dosen di Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 di jurusan Kimia Universitas Tadulako dan S2 pada Kelompok Keahlian Kimia Organik di Program Studi Kimia Institut Teknologi Bandung. Bidang yang peneltitian yang ditekuni merupakan kimia Organik Bahan Alam yang membahasa mengenai struktur senyawa yang diisolasi dari bahan alam dan aktivitasnya.

Mengampu mata kuliah Kimia Organik, Kimia Organik Sintesis, Kimia Organik Bahan Alam, Elusidasi Struktur. Terlibat aktif dan penelitian mengenai eksplorasi aktivitas tanaman obat dan aktivitasnya sebagai antibakteri, antioksidan, antihiperurisemia dan potensi tanaman sebagai antidiabetes,

Penulis memiliki beberapa penelitian dan pengabdian masyarakat yang diterbitkan di jurnal nasional terakreditasi.

E-mail: arviani@ung.ac.id, arviani.ardillah@gmail.com



apt. Dwi Larasati, S.Farm.,M.Pharm.,Sci., telah menyelesaikan Magister Ilmu Farmasi pada Tahun 2018 pada Universitas Gadjah Mada. Penulis memiliki pengalaman sebagai praktisi apoteker di apotek, di industri farmasi di PT. Sanbe Farma Bandung dan sebagai dosen farmasi. Mengampu mata kuliah Teknologi Farmasi, Teknologi Sediaan Steril, Farmakognosi dan Metodologi Penelitian.

Selama ini terlibat aktif dalam penelitian dan pengabdian masyarakat dan telah mempublikasikan karyanya dalam jurnal terindeks scopus dan terakreditasi sinta.

Telah menulis 1 buku ajar Teknologi Farmasi dan 1 buku referensi dengan judul yakni Pengembangan Teknologi Nano Partikel dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang dan book chapter dengan judul Peran SDGS Dalam Meningkatkan Kesehatan Dan Kesejahteraan Masyarakat.

E-mail: dwilarasati.apt@gmail.com



apt. Melati Aprilliana Ramadhani, M. Farm. Ia adalah alumnus program studi S1 Farmasi, pendidikan Profesi Apoteker, dan Magister Ilmu Farmasi dengan konsentrasi Pengembangan Obat, Kosmetika Bahan Alam dari Universitas Ahmad Dahlan. Saat ini, penulis merupakan dosen tetap Prodi S1 Farmasi Universitas Ngudi Waluyo. Mengampu mata kuliah Farmakognosi, Fitokimia, Kimia Medisinal, Kimia Organik, Farmasetika, dan lain-lain. Selama ini penulis juga aktif membimbing mahasiswa skripsi dan praktek kerja lapangan baik di RS maupun apotek.

Buku ini adalah karya pertama yang telah dibuat.

Semoga bermanfaat.

Email :melatiaprilliana@unw.ac.id



Rissa Laila Vifta. Lahir di Grobogan pada Tanggal 27 Juli 1990. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana Kimia di Universitas Negeri Semarang (UNNES) pada tahun 2012 dan Magister Ilmu Kimia di Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2014. Saat ini berprofesi sebagai Dosen di Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Islam Sultan Agung (Semarang). Penulis menekuni bidang Analisis Farmasi dan Kimia Medisinal dengan mengampu mata kuliah Kimia Farmasi, Kimia

Analisis, Analisis Farmasi, dan Biokimia.

Penulis juga aktif pada kegiatan penelitian dengan scope Analisis Farmasi, Kimia Bahan Alam dan Analisisnya, Nanopartikel dan Karakterisasinya. Penulis juga telah menerbitkan artikel penelitian di berbagai jurnal ilmiah sesuai dengan bidang keilmuan yang ditekuni.



Anasthasia Pujiastuti. Saat ini sebagai dosen tetap Program Studi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Ngudi Waluyo, Ungaran, Kabupaten Semarang. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 Farmasi dan Pendidikan Profesi Apoteker di Universitas Sanata Dharma Yogyakarta. Menempuh pendidikan S2 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Mengampu mata kuliah Formulasi Teknologi Sediaan Padat, Formulasi Teknologi Sediaan Cair dan Semipadat, Formulasi Teknologi Sediaan Steril, Mikrobiologi dan Virologi, Farmasi Industri, Stabilitas Obat.

Selama dua tahun terakhir menjadi Dosen Pendamping Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) dengan tema Konservasi dan Biodiversitas Tanaman Obat Keluarga. Tahun 2021 menjadi Dosen Pendamping Program Holistik Pembinaan dan Pemberdayaan Desa (PHP2D) dengan ruang lingkup Lingkungan dan Keanekaragaman Hayati. Ketiga program kegiatan mahasiswa tersebut mendapatkan hibah pendanaan dari Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

Telah menulis Buku Saku Konservasi Tanaman & Pembuatan Produk Jahe Merah (*Zingiber officinale*) serta Buku Saku Konservasi Tanaman Obat Rimpang yang ditulis bersama dengan tim PPK Ormawa serta telah mendapatkan Surat Pencatatan Ciptaan.

E-mail: anasthasia@unw.ac.id, thasia_anas@yahoo.com



Monik Krisnawati. Riwayat pendidikan terakhir penulis yakni Profesi Apoteker dan S2 Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Penulis adalah dosen tetap Program Studi D3 Farmasi Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto. Selain itu, penulis juga memiliki pengalaman pendidikan di lingkungan TNI AU yakni Pendidikan kualifikasi khusus kesehatan penerbangan.

Mengampu mata kuliah Farmakognosi, Obat Tradisional, Pemasaran Farmasi, Komunikasi Farmasi, Kesehatan Penerbangan, dan Metodologi Penelitian, serta Praktik Kerja Lapangan. Selama ini penulis terlibat aktif sebagai dosen pembimbing dan penguji tugas akhir mahasiswa.

Di sisi lain, penulis juga terlibat aktif pada kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat. Hasil kegiatan penelitian dan pengabdian telah terpublikasi pada jurnal nasional ataupun nasional terakreditasi. Rekam jejak pengabdian profesi penulis juga terwadahi melalui keterlibatannya pada kepengurusan Ikatan Apoteker Indonesia (IAI) Pc Bantul, DI Yogyakarta sejak tahun 2018 s.d. sekarang.

Buku Kesehatan Penerbangan merupakan karya penulis berkolaborasi dengan beberapa dosen Politeknik Kesehatan TNI AU Adisutjipto. Buku tersebut merupakan salah satu buku referensi kesehatan, utamanya tentang Kesehatan Penerbangan.

E-mail: monikkrisnawati5@gmail.com



Siti Khoiriyah. Saat ini baru saja menyelesaikan Program Magister Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi UGM dengan topik tesis yakni tentang Upaya Peningkatan Kadar Vinkristin Kultur Suspensi Sel Daun Catharanthus Roseus (L.) G. Don.. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 di Universitas Ngudi Waluyo Ungaran dan S2 di UGM Yogyakarta. Ia adalah dosen tetap Program Studi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Ngudi Waluyo.

Mengampu mata kuliah Fitokimia dan Manajemen Perapotekan. Selama ini terlibat aktif sebagai anggota PC IAI Kabupaten Semarang dan sebagai Apoteker Pendamping (APING) di Apotek Ngudi Waluyo.

E-mail: sitikhoiriyah95@mail.ugm.ac.id, sitikhoiriyah2595@gmail.com



Salsabiela Dwiudrisa Suyudi adalah dosen tetap pada program studi sarjana 1 farmasi Universitas Ngudi Waluyo yang telah menempuh pendidikan sarjana farmasi di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, profesi apoteker dan magister farmasi di Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Mengampu mata kuliah di bidang teknologi farmasi sesuai dengan bidang ilmunya yakni Formulasi dan Teknologi Sediaan (FTS) cair semipadat, padat, serta steril dan farmasetika, mata kuliah lainnya seperti fitokimia, analisa farmasetika, farmakologi molekuler, kontrol kualitas dan penjaminan mutu

Selain melakukan pengajaran juga sebagai dosen pembimbing mahasiswa dalam program magang atau praktek kerja mahasiswa S1 Farmasi UNW di sarana pelayanan kefarmasian seperti apotek dan rumah sakit.

Pada tahun 2023, tim mahasiswa dibawah bimbingannya mendapatkan pendanaan dalam Program Pembinaan Mahasiswa Wirausaha (P2MW) yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dalam bidang makanan dan minuman olahan bahan tanaman yaitu permen jahe "Gingy bite".

E-mail: salsadwisuyudi@gmail.com



Rita Irma lahir di Kendari, pada 30 November 1979. Ia tercatat sebagai lulusan D-III Gizi Politeknik Kesehatan Kemenkes Kendari pada tahun 2002, lalu menjadi alumnus program studi Diploma IV Gizi peminatan Gizi Klinik di fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2004. Selanjutnya menempuh pendidikan dan menjadi alumnus pada program studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat minat utama Gizi dan Kesehatan konsentrasi Gizi Klinik di FK Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tahun 2009. Rita Irma merupakan dosen jurusan Gizi Poltekkes Kemenkes Kendari sejak tahun 2005 hingga sekarang, namun saat ini sedang menyelesaikan pendidikan program Doktorat Ilmu Kesehatan Masyarakat dengan riset terkait uji toksisitas dan uji aktivitas di Universitas Hasanuddin Makassar.



Dewi Chusniasih lahir di Lampung Selatan, pada Agustus 1993. Ia menempuh pendidikan sarjana di Jurusan Biologi Universitas Lampung, dan melanjutkan pendidikan magister pada Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Dewi sempat bertugas sebagai dosen tetap di Program Studi Farmasi, Universitas Malahayati Bandar Lampung sejak tahun 2017 hingga 2020, dan merupakan dosen tetap di Program Studi Biologi, Institut Teknologi Sumatera pada kelompok keilmuan Applied Biology Divisi Mikrobiologi sejak tahun 2021. Buku Farmakognosi ini merupakan buku keempat Dewi, setelah buku Mikrobiologi Pertanian, Mikrobiologi Perairan, dan Teknologi Fermentasi. Untuk korespondensi dengan Dewi dapat melalui alamat e-mail dewi.chusniasih@staff.itera.ac.id.



Lyna Lestari Indrayati. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 Farmasi di Universitas Ngudi Waluyo dan Program Studi Profesi Apoteker serta Pascasarjana (S2) dnegan bidang ilmu Biologi Farmasi di Universitas Setia Budi Surakarta. Saat ini menjadi pengajar atau dosen tetap di Universitas Tidar Magelang. Mata kuliah yang pernah diampu adalah Botani Farmasi, Farmakognosi, Fitokimia, dan Biokimia Tumbuhan

E-mail: lynalestariindrayati@gmail.com

FARMAKOLOGI

Menelusuri Rahasia Obat dari Alam

Farmakognosi, sebagai bidang ilmu yang melibatkan identifikasi dan karakterisasi senyawa bioaktif dari tumbuhan, mikroorganisme, dan bahan alam lainnya, memiliki peran sentral dalam penemuan dan pengembangan obat-obatan. Buku ini mencakup konsep-konsep fundamental seperti etnobotani, metode isolasi senyawa, serta uji farmakologis, yang semuanya merangkum perjalanan penelitian panjang dalam mengungkap rahasia obat dari alam.

Buku ini membahas :

- Bab 1 Pengantar Farmakognosi
- Bab 2 Metabolit Sekunder dan Aktivitas Biologisnya
- Bab 3 Teknik Ekstraksi dan Isolasi Metabolit Sekunder
- Bab 4 Analisis Metabolit Sekunder
- Bab 5 Pemeliharaan dan Konservasi Tumbuhan Obat
- Bab 6 Etnobotani: Menelusuri Kearifan Lokal
- Bab 7 Farmakognosi Berbasis Teknologi
- Bab 8 Standardisasi dan Sertifikasi Produk Herbal
- Bab 9 Toksikologi Tumbuhan Obat
- Bab 10 Penemuan Obat Baru dari Alam
- Bab 11 Etika dan Keberlanjutan dalam Farmakognosi



YAYASAN KITA MENULIS
press@kitamenulis.id
www.kitamenulis.id

ISSN 978-623-113-066-2

