

Hurria | Novena Adi Yuhara | Nurshalati Tahar | Okto Riristina Gultom  
Muhammad Taufiq Duppa | Nur Insani Amir | Femmy Andrifanie  
Athallah | Yuri Pratiwi Utami | Fitriani Fajri Ahmad | Khairuddin  
Andi Nafisah Tendri Adjeng | Subehan | Atep Dian Supardan



# FITOKIMIA



**EDITOR:**

**Prof. Dr. Muhammad Arba, S.Si., M.Si  
apt.Besse Hardianti, M.Pharm.Sc., Ph.D.**

**PENYUNTING:**

**Dr. apt. Muhammad Ilyas Yusuf, S.Farm.,M.Imun**



# FITOKIMIA

Fitokimia adalah zat kimia yang berasal dari tumbuhan yang membantu tanaman tumbuh subur atau digunakan sebagai penangkal predator, pesaing, atau untuk melawan infeksi. Fitokimia ini dapat diperoleh dari berbagai tumbuhan dan bagian tumbuhan, antara lain kulit kayu, daun, buah, dan biji dan telah terbukti memainkan berbagai peran biologis baik pada manusia maupun hewan. Ini termasuk sifat antibakteri, antioksidan, dan antikanker, dan lain-lain.

Buku Fitokimia yang berada ditangan pembaca ini tersusun dalam 14 bab, dibahas dengan bahasa yang sederhana sehingga diharapkan pembaca dapat lebih mudah memahaminya.

BAB 1 Metabolit Primer

BAB 2 Metabolit Sekunder

BAB 3 Jenis-Jenis Ekstraksi dan Prinsipnya

BAB 4 Penggunaan Ekstraksi dalam Kehidupan

BAB 5 Jenis-Jenis Kromatografi dan Prinsip Dasarnya

BAB 6 Kromatografi dalam Isolasi Senyawa-Senyawa Alam

BAB 7 Perbedaan Senyawa Polar dan Non-Polar Berdasarkan Srukturnya

BAB 8 Isolasi Terhadap Senyawa Polar dan Nonpolar

BAB 9 Senyawa-Senyawa Termasuk Metabolit Primer dan Metabolit Sekunder

BAB 10 Biosintesis Metabolit Sekunder Jalur Asetat Mevalonat

BAB 11 Biosintesis Metabolit Sekunder Jalur Shikimat

BAB 12 Manfaat Metabolit Sekunder dalam Dunia Farmasi

BAB 13 Metabolit Sekunder yang Bermanfaat bagi Dunia Farmasi Secara Sintesis

BAB 14 Manfaat Metabolit Sekunder dalam Kemotaksonomi dan Quality Control

# FITOKIMIA

apt. Hurria, S.Farm M.Sc.  
apt. Novena Adi Yuhara, M.Pharm.Sci.  
apt. Nurshalati Tahar, S.Farm., M.Si.  
Okto Riristina Gultom, S.Si., M.Si.  
apt. Muhammad Taufiq Duppa, S.Si., M.Si.  
Nur Insani Amir, S.Si., M.Si.  
Femmy Andrifianie, S.Farm., M.Farm.  
Athaillah, S.Si, M.Sc.  
apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si.  
apt. Fitriani Fajri Ahmad, S.Farm., M.Si.  
apt. Khairuddin, S.Si., M.Si.  
Andi Nafisah Tendri Adjeng, S.Farm., M.Sc.  
Prof. Subehan, M. Pharm.Sc., Ph.D  
Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.



**eureka**  
**media aksara**

**PENERBIT CV. EUREKA MEDIA AKSARA**

## FITOKIMIA

**Penulis** : apt. Hurria, S.Farm., M.Sc. | apt. Novena Adi Yuhara, M.Pharm.Sci, | apt. Nurshalati Tahar, S.Farm., M.Si. | Okto Riristina Gultom, S.Si., M.Si. | apt. Muhammad Taufiq Duppa, S.Si., M.Si. | Nur Insani Amir, S.Si., M.Si | Femmy Andrifianie, S. Farm., M. Farm. | Athaillah, S.Si, M.Sc. | apt. Yuri Pratiwi Utami, S. Farm., M. Si. | apt. Fitriani Fajri Ahmad, S.Farm., M.Si. | apt. Khairuddin, S.Si., M.Si. | Andi Nafisah Tendri Adjeng, S.Farm., M.Sc. | Prof. Subehan, M. Pharm.Sc., Ph.D. | Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.

**Editor** : Prof. Dr. Muhammad Arba, S.Si., M.Si.  
apt.Besse Hardianti, M.Pharm.Sc., Ph.D.

**Penyunting** : Dr. apt. Muhammad Ilyas Yusuf, S.Farm.,M.Imun

**Desain Sampul** : Eri Setiawan

**Tata Letak** : Via Maria Ulfah

**ISBN** : 978-623-151-759-3

Diterbitkan oleh: **EUREKA MEDIA AKSARA, OKTOBER 2023**  
**ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH**  
**NO. 225/JTE/2021**

**Redaksi** :

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari  
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekaediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama: 2023

**All right reserved**

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dan puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya sehingga buku yang berjudul Fitokimia ini telah selesai dikerjakan. Pengerjaan buku ini berkolaborasi dengan beberapa penulis dari universitas yang berbeda yang sama-sama berlatar belakang ilmu Farmasi.

Fitokimia adalah zat kimia yang berasal dari tumbuhan yang membantu tanaman tumbuh subur atau digunakan sebagai penangkal predator, pesaing, atau untuk melawan infeksi. Fitokimia ini dapat diperoleh dari berbagai tumbuhan dan bagian tumbuhan, antara lain kulit kayu, daun, buah, dan biji dan telah terbukti memainkan berbagai peran biologis baik pada manusia maupun hewan. Ini termasuk sifat antibakteri, antioksidan, dan antikanker, dan lain-lain.

Buku Fitokimia yang berada ditangan pembaca ini tersusun dalam 14 bab, dibahas dengan bahasa yang sederhana sehingga diharapkan pembaca dapat lebih mudah memahaminya.

- BAB 1 Metabolit Primer
- BAB 2 Metabolit Sekunder
- BAB 3 Jenis-jenis Ekstraksi dan Prinsipnya
- BAB 4 Penggunaan Ekstraksi dalam Kehidupan
- BAB 5 Jenis-jenis Kromatografi dan Prinsip Dasarnya
- BAB 6 Kromatografi dalam Isolasi Senyawa-senyawa Alam
- BAB 7 Perbedaan Senyawa Polar dan Non-Polar Berdasarkan Srukturnya
- BAB 8 Isolasi terhadap Senyawa Polar dan Nonpolar
- BAB 9 Senyawa-senyawa Termasuk Metabolit Primer dan Metabolit Sekunder
- BAB 10 Biosintesis Metabolit Sekunder Jalur Asetat Mevalonat
- BAB 11 Biosintesis Metabolit Sekunder Jalur Shikimat
- BAB 12 Manfaat Metabolit Sekunder dalam Dunia Farmasi
- BAB 13 Metabolit Sekunder yang Bermanfaat bagi Dunia Farmasi Secara Sintesis
- BAB 14 Manfaat Metabolit Sekunder dalam Kemotaksonomi dan *Quality Control*

Diharapkan dengan adanya buku ini dapat menjadi salah satu referensi bagi mahasiswa, sejawat dan masyarakat yang membutuhkan informasi terkait fitokimia.

30 September 2023

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>BAB 1 METABOLIT PRIMER</b> .....	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Metabolisme Primer .....	2
C. Metabolit Primer .....	5
D. Biosintesis Metabolit Primer .....	13
E. Daftar Pustaka .....	14
<b>BAB 2 METABOLIT SEKUNDER</b> .....	16
A. Pendahuluan.....	16
B. Hubungan antara Metabolisme Sekunder dan Metabolisme Primer .....	17
C. Penggolongan Metabolit Sekunder .....	18
D. Skrining Fitokimia Senyawa Metabolit .....	20
E. Daftar Pustaka .....	23
<b>BAB 3 JENIS-JENIS EKSTRAKSI DAN PRINSIPNYA</b> .....	24
A. Pendahuluan.....	24
B. Tujuan .....	26
C. Jenis Ekstraksi.....	27
D. Prinsip Ekstraksi.....	31
E. Daftar Pustaka .....	35
<b>BAB 4 PENGGUNAAN EKSTRAKSI DALAM KEHIDUPAN</b> .....	36
A. Pendahuluan.....	36
B. Penggunaan Ekstraksi dalam Kehidupan.....	37
C. Kesimpulan.....	42
D. Daftar Pustaka .....	42
<b>BAB 5 JENIS-JENIS KROMATOGRAFI DAN PRINSIP DASARNYA</b> .....	47
A. Pendahuluan.....	47
B. Klasifikasi Kromatografi.....	47
C. Daftar Pustaka .....	58

<b>BAB 6</b>	<b>KROMATOGRAFI DALAM ISOLASI SENYAWA- SENYAWA ALAM</b> .....	60
	A. Pendahuluan.....	60
	B. Kromatografi Gas/Gas Chromatography (GC).....	62
	C. Kromatografi Lapis Tipis (KLT)/ <i>Thin Layer Chromatography</i> .....	65
	D. Kromatografi Kolom/ <i>Coloum Chromatography</i> .....	67
	E. Kromatografi Cair Kinerja Tinggi/ <i>High Performance Liquid Chromatography</i> (HPLC).....	70
	F. Daftar Pustaka.....	72
<b>BAB 7</b>	<b>PERBEDAAN SENYAWA POLAR DAN NON-POLAR BERDASARKAN SRUKTURNYA</b> .....	73
	A. Pendahuluan.....	73
	B. Pengertian Senyawa Polar dan Non-Polar.....	73
	C. Ciri-Ciri Senyawa Polar dan Nonpolar.....	74
	D. Perbedaan Struktur Senyawa Polar dan Non-Polar ..	77
	E. Daftar Pustaka.....	81
<b>BAB 8</b>	<b>ISOLASI TERHADAP SENYAWA POLAR DAN NONPOLAR</b> .....	83
	A. Pendahuluan.....	83
	B. Metode Isolasi Senyawa Polar.....	86
	C. Metode Isolasi Senyawa Nonpolar.....	96
	D. Daftar Pustaka.....	104
<b>BAB 9</b>	<b>SENYAWA-SENYAWA TERMASUK METABOLIT PRIMER DAN METABOLIT SEKUNDER</b> .....	105
	A. Pendahuluan.....	105
	B. Metabolit Primer.....	106
	C. Metabolit Sekunder.....	108
	D. Jalur Pembentukan Metabolite Primer dan Sekunder.....	109
	E. Senyawa Metabolit Primer.....	111
	F. Senyawa Metabolit Sekunder.....	113
	G. Daftar Pustaka.....	128
<b>BAB 10</b>	<b>BIOSINTESIS METABOLIT SEKUNDER JALUR ASETAT MEVALONAT</b> .....	134
	A. Pendahuluan.....	134



	B. Biosintesis Jalur Mevalonat .....	135
	C. Senyawa Hasil Biosintesis Jalur Mevalonat .....	139
	D. Daftar Pustaka .....	145
<b>BAB 11</b>	<b>BIOSINTESIS METABOLIT SEKUNDER JALUR SHIKIMAT</b> .....	147
	A. Pendahuluan.....	147
	B. Jalur Shikimat .....	148
	C. Enzim Kunci dan Lokalisasi Intraseluler .....	150
	D. Asam Shikimat, Metabolit Penting untuk Biosintesis Korismat dan Lignin .....	150
	E. Biosintesis Asam Amino Aromatik .....	151
	F. Regulasi Jalur Shikimat.....	154
	G. Transkripsi Jalur Shikimat dan Metabolisme Asam Amino Aromatik .....	156
	H. Daftar Pustaka .....	158
<b>BAB 12</b>	<b>MANFAAT METABOLIT SEKUNDER DALAM DUNIA FARMASI</b> .....	159
	A. Pendahuluan.....	159
	B. Alkaloid.....	160
	C. Terpenoid.....	165
	D. Fenolik.....	170
	E. Saponin.....	173
	F. Daftar Pustaka .....	177
<b>BAB 13</b>	<b>METABOLIT SEKUNDER YANG BERMANFAAT BAGI DUNIA FARMASI SECARA SINTESIS</b> .....	181
	A. Pendahuluan.....	181
	B. Tipe Metabolit Sekunder .....	182
	C. Fungsi Metabolit Sekunder dalam Bidang Farmasi.....	184
	D. Fungsi Metabolit Sekunder dalam Sintesis .....	184
	E. Biosintesis dan Sintesis untuk Metabolit Sekunder .....	187
	F. Daftar Pustaka .....	194
<b>BAB 14</b>	<b>MANFAAT METABOLIT SEKUNDER DALAM KEMOTAKSONOMI DAN QUALITY CONTROL ..</b>	199
	A. Metabolit Sekunder dalam Kemotaksonomi .....	199

B. Metabolit Sekunder dan Kontrol Kualitas.....	201
C. Metode Kendali Mutu dalam Standarisasi Obat Herbal .....	211
D. Daftar Pustaka.....	211
<b>TENTANG PENULIS.....</b>	<b>214</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Jenis Metabolisme (Julianto, 2019).....	2
Gambar 2.	Jalur Metabolisme Primer (Shah and Seth, 2010) .....	4
Gambar 3.	Contoh Struktur Kimia Monosakarida (EduBio).....	6
Gambar 4.	Contoh Struktur Kimia Disakarida (Pijar BYJU'S) .....	6
Gambar 5.	Struktur Kimia Rafinosa (EduBio).....	7
Gambar 6.	Perbedaan Struktur Kimia Amilosa dan Amilopektin (Toppr) .....	8
Gambar 7.	Struktur Asam Amino (Materi.co.id) .....	9
Gambar 8.	Struktur Lipid (Fahy et al. 2011) .....	11
Gambar 9.	Struktur Fosfolipid pada Membran sel (EduBio) .....	11
Gambar 10.	Struktur DNA dan Nukleotida (Genetic Generation).....	12
Gambar 11.	Jenis-jenis RNA (MicrobeNote).....	13
Gambar 12.	Metabolit Sekunder.....	19
Gambar 13.	Alat Refluks Dilengkapi dengan Pendingin Balik.....	29
Gambar 14.	Alat Soxhlet untuk Ekstraksi.....	30
Gambar 15.	Kromatografi Kertas.....	49
Gambar 16.	Kromatografi Lapis Tipis.....	51
Gambar 17.	Kromatografi Kolom .....	53
Gambar 18.	Contoh Kromatogram dari Kromatografi Gas.....	65
Gambar 19.	Contoh Profil KLT .....	67
Gambar 20.	Kromatografi Kolom untuk Isolasi Senyawa.....	69
Gambar 21.	Ekstraksi Pelarut.....	87
Gambar 22.	Proses Pemisahan pada Kromatografi Kolom .....	91
Gambar 23.	Proses Pemisahan pada plat KLT .....	94
Gambar 24.	Peralatan Destilasi.....	100
Gambar 25.	Prinsip Kerja Kromatografi Gas.....	103
Gambar 26.	Ilustrasi Skematis dari Jalur Biosintesis untuk Produksi Metabolit Sekunder .....	110
Gambar 27.	Struktur Kimia dari Beberapa Metabolit Sekunder Tanaman.....	114
Gambar 28.	Reaksi Kimia dari Jalur Mevalonate .....	136
Gambar 29.	Gambaran Skematik Biosintetik Terpen pada Tumbuhan.....	140
Gambar 30.	Reaksi Biosintesis Steroid .....	142

Gambar 31. Biosintesis Saponin dalam Tanaman .....	143
Gambar 32. Sintesis Geraniol dan Senyawa Lainnya.....	145
Gambar 33. Jalur Shikimat mengubah Fosfoenolpiruvat dan Erythrose 4-Phosphate menjadi Chorismate pada Tumbuhan Tingkat Tinggi (Tzin, Galili and Aharoni, 2012).....	151
Gambar 34. Jalur Asam Amino Aromatik Mendukung Pembentukan Berbagai Produk Alami pada Tumbuhan.....	153
Gambar 35. Asal Evolusi dan Kompartemen Sel Jalur Shikimat pada Tumbuhan (Tzin and Galili, 2010) .....	155
Gambar 37. Rumus Struktur Senyawa Kafein (Azimova & Yunusov, 2013).....	160
Gambar 37. Tanaman yang Mengandung Kafein (a) Daun Teh (b) Biji Kopi (c) Biji Cokelat .....	160
Gambar 39. Rumus Struktur Senyawa Nikotin (Sumber:(Azimova & Yunusov, 2013).....	161
Gambar 39. Tembakau ( <i>Nicotiana Tabacum</i> ). (Sumber:27).....	161
Gambar 41. Rumus Struktur Morfin (Sumber:(Azimova & Yunusov, 2013)) .....	163
Gambar 41. Opium Poppy ( <i>Papaver Somniferum</i> ) (Sumber:27) .....	163
Gambar 43. Isoprene (Sumber:(Jahangeer et al., 2021)) .....	166
Gambar 43. Tanaman mengandung Terpenoid $\delta$ .....	166
Gambar 44. Pinus dan Pinena-Nya (sumber:(Vespermann et al., 2017)).....	166
Gambar 45. Rosmeri dan Asam Rosmerik-Nya (Sumber:(Ekiert et al., 2013)).....	167
Gambar 47. Lavender dan linalool-nya (Sumber:(Xu et al., 2017)) $\delta$ .....	167
Gambar 47. Daun mint dan mentol-nya (Sumber:(Freires et al., 2015).....	167
Gambar 48. Chamomile dan Bisabolol -Nya (Sumber:(Ma et al., 2021)).....	168
Gambar 50. Struktur Fenol (Sumber:(Nair et al., 2008)).....	171

Gambar 50. Tumbuhan mengandung Fenol (Sumber:(Nair et al., 2008)) .....	171
Gambar 51. Rumput Laut dan Fucoidan (Sumber:(Luthuli et al., 2019)) .....	173
Gambar 53. Tumbuhan mengandung Saponin (Sumber:(Nair et al., 2008)) .....	174
Gambar 53. Struktur Dasar Saponin (sumber:(Kavya et al., 2021)) .....	174
Gambar 54. Digitalis purpurea dan Digitoksin dan Digoksin-nya (Sumber:(Hauptman & Kelly, 1999)) .....	175
Gambar 55. Quillaja Saponin dan Quillaja Saponaria (Sumber:)(Fleck et al., 2019).....	176
Gambar 56. Empat Jenis Metabolit Sekunder Utama yang Memiliki Kandungan Terpen dan Fenolik Utama ..	183
Gambar 57. Skema Biosintesis Paclitaxel dan Artemisin .....	190
Gambar 58. Sintesis Galanthamine. Warna Menunjukkan: Biru (Atom/Ikatan Kerangka: Kerangka Karbon/Oksigen/Nitrogen), dan Merah (Atom/Ikatan Non-Kerangka yang Terpasang).....	194



# **FITOKIMIA**



# BAB

# 1

# METABOLIT PRIMER

apt. Hurria, S.Farm., M.Sc.

## A. Pendahuluan

Fitokimia adalah zat kimia yang berasal dari tumbuhan yang membantu tanaman tumbuh subur atau digunakan sebagai penangkal predator, pesaing, atau untuk melawan infeksi. *Phyto* berasal dari bahasa Yunani yang artinya tanaman (Egbuna *et al.*, 2019). Zat-zat yang dihasilkan dalam kajian fitokimia berasal dari proses penting dalam tubuh makhluk hidup yaitu metabolisme.

Keseluruhan reaksi yang terjadi di makhluk hidup, dalam hal ini adalah di dalam tumbuhan disebut metabolisme. Metabolisme terbagi menjadi metabolisme primer dan metabolisme sekunder. Proses fisiologi pada tumbuhan yang berhubungan erat dengan kehidupan tumbuhan, pertumbuhan dan perkembangan dan bersifat esensial bagi tumbuhan disebut metabolisme primer.

Setiap produk-produk yang dihasilkan dari proses metabolisme disebut metabolit. Metabolit primer merupakan produk yang didapatkan dari metabolisme dan bersifat esensial bagi tumbuhan. Produk metabolit primer meliputi **asam nukleat, karbohidrat, lipid, dan protein**. Sedangkan metabolit sekunder terdiri dari senyawa fenolik, alkaloid, terpenoid poliketida (Julianto, 2019).

menggunakan karbondioksida dan hasil akhirnya berupa gula. Tahapan reaksi gelap terbagi atas fiksasi karbon, reduksi dan regenerasi. Pada tumbuhan, proses untuk menghasilkan sukrosa adalah dengan mengubah fruktosa-6-fosfat menjadi glukosa-1-fosfat. Senyawa ini kemudian beraksi dengan UTP membentuk UDP-glukosa yang kemudian akan diubah menjadi bentuk sukrosa.

**Biosintesis lipid** terutama asam lemak berasal dari metabolisme yang menghasilkan atau terdapat produk asetil-KoA yang memiliki dua unit karbon. Reaksi ini membutuhkan dua kompleks enzim plus ATP, NADPH<sub>2</sub>, Mn<sup>++</sup>, dan karbon dioksida. **Biosintesis asam amino** akan menuju pada jalur produksi piruvat atau pada produk intermediet antara siklus asam sitrat seperti α-ketoglutarat atau oksaloasetat.

## E. Daftar Pustaka

- Buna, C. *et al.* (2019) *Phytochemistry Fundamentals, Modern Techniques, and Applications, Nature*. Canada: Apple Academic Press Eg.
- Julianto, T. S. (2019) *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining fitokimia, Jakarta penerbit buku kedokteran EGC*.
- Shah, B. and Seth, A. . (2010) *Textbook of Pharmacognosy & Phytochemistry*. First Edit, *Phytochemistry*. First Edit. Edited by S. K. Chauhan. New Delhi: Elsevier Inc.
- Caffal KH, Mohnen D (2009). The structure, function, and biosynthesis of plant cell wall pectic polysaccharides. *Carbohydrate Res.* 344(14):1879-1900
- Asif HM, Akram M, Saeed T, Khan M, *et al.* (2010). Carbohydrates. *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*. 1(1): 001-005
- Fox PC, Cummins MJ, Cummins JM (2002). A third study on the use of orally administered anhydrous crystalline maltose for relief of dry mouth in primary Sjogren's syndrome. *J. Altern. Complement Med.* 8(5):651-659.
- Fahy E, Cotter D, Sud M, Subramaniam S (2011). Lipid classification, structures and tools. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1811(637-647).



- Li-Beisson Y, Shorrosh B, Beisson F, Andersson MX, Arondel V, Bates PD, Baud S, *et al* (2013). *Acyl-lipid metabolism*. Arab Book. 11(e0161).
- Smith AD (2000). *Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology*, Rev. ed. Oxford University Press, Oxford.
- Fahy E, S. Subramaniam, R.C. Murphy, C.R.H. Raetz, M. Nishijima, T. Shimizu, F. Spener, G. van Meer, M.J. Wakelam, E.A. Dennis (2009). Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *J Lipid Res.* 50(S9-S14).

# BAB 2

## METABOLIT SEKUNDER

apt. Novena Adi Yuhara, M.Pharm.Sci.

### A. Pendahuluan

Metabolit merupakan senyawa produk hasil metabolisme. Pada umumnya, tumbuhan banyak menghasilkan bahan kimia yang dapat dikategorikan menjadi metabolit primer dan metabolit sekunder berdasarkan peranan pada tanaman. Metabolit primer diperlukan untuk fungsi sel dan terdapat di seluruh bagian tanaman, namun berbeda dengan metabolit sekunder. Tumbuhan secara alami menghasilkan berbagai produk dengan sifat kimia berbeda, yang digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Metabolit primer menyediakan persediaan yang dibutuhkan untuk proses, seperti fotosintesis, translokasi dan respirasi. Produk yang berasal dari metabolit primer, yang tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan dan perkembangan, dianggap sebagai metabolit sekunder.

Metabolit sekunder merupakan bagian kecil hasil metabolisme suatu organisme yang tidak secara langsung bermanfaat dan dibutuhkan dalam bertahan hidup seperti halnya protein, polisakarida, dan materi genetik yang merupakan komponen primer sebagai proses suatu kehidupan. Metabolit sekunder dihasilkan oleh suatu organisme melalui sintesis pada sel dan kelompok taksonomi pada tingkat pertumbuhan maupun respon terhadap rangsang tertentu. Senyawa metabolit sekunder dihasilkan dengan produksi dalam jumlah sedikit dan tidak terus menerus yang dihasilkan guna

## E. Daftar Pustaka

- Julianto, T. S. (2019) *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia*. Universitas Islam Indonesia.
- Mera, I. F. G., Falconí, D. E. G. and Córdova, V. M. (2019) 'Secondary metabolites in plants: Main classes, phytochemical analysis and pharmacological activities', *Bionatura*, 4(4). doi: 10.21931/RB/2019.04.04.11.
- Twaij, B. M. and Hasan, M. N. (2022) 'Bioactive Secondary Metabolites from Plant Sources: Types, Synthesis, and Their Therapeutic Uses', *International Journal of Plant Biology*, 13(1), pp. 4–14. doi: 10.3390/ijpb13010003.

# BAB 3

## JENIS-JENIS EKSTRAKSI DAN PRINSIPNYA

apt. Nurshalati Tahar, S.Farm., M.Si.

### A. Pendahuluan

Proses pengambilan komponen aktif dari simplisia tumbuhan atau hewan dengan menggunakan pelarut yang tepat, menguapkan seluruh atau hampir seluruh pelarut, kemudian mengolah sisa massa atau bubuk hingga memenuhi kriteria tertentu, menghasilkan sediaan kental yang disebut ekstrak (POM, 2000).

Sediaan nabati dan simplisia yang menggunakan etanol sebagai pengawet atau pelarut dikenal sebagai ekstrak cair. Kecuali dinyatakan lain dalam setiap monografi, setiap ml ekstrak mengandung senyawa aktif dari 1 g simplisia yang memenuhi standar. Anda dapat menyaring atau menuang endapan yang dihasilkan dari ekstrak cair setelah didiamkan beberapa saat. Solusi jelas yang dihasilkan memenuhi semua kriteria Farmakope. Ekstrak yang sesuai dapat digunakan untuk membuat ekstrak cair (POM, 2000).

Ekstrak kering adalah makanan yang terbuat dari tumbuhan atau hewan yang diproduksi dengan cara mengeringkan dan memekatkan ekstrak cair hingga mencapai konsentrasi yang diperlukan dengan menggunakan teknik yang mematuhi kaidah. Dengan menambahkan komponen tambahan inert, pengaturan seringkali ditentukan berdasarkan kandungan bahan aktif. Tergantung pada teknik dan alat yang digunakan, pengeringan memerlukan penghilangan pelarut dari bahan untuk menghasilkan bubuk kering dan rapuh (RI, 1995).

mengakibatkan panjang gelombang terjadinya perubahan menjadi lebih panjang (UV ke VIS), sehingga noda terlihat oleh mata. mata manusia. munculnya noda akibat reagen semprot H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10% (Sudjadi, 1986).

#### **E. Daftar Pustaka**

- MS, H. E. (2014). *Analisis Fitokimia*. Jakarta: EGC.
- POM, D. (1986). *Sediaan Galenik*. Jakarta: Depkes RI.
- POM, D. (2000). *Parameter Standar Umum*. Jakarta: Depkes RI.
- RI, D. (1995). *Farmakope Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Sudjadi. (1986). *Metode Pemisahan*. Yogyakarta: UGM Press.

# BAB 4

## PENGGUNAAN EKSTRAKSI DALAM KEHIDUPAN

Okto Riristina Gultom, S.Si., M.Si.

### A. Pendahuluan

Negara-negara di asia mempunyai beragam flora tumbuhan tetapi kekayaan spesies terkonsentrasi terutama di wilayah tropis dan subtropis. Indonesia memiliki lebih dari tiga puluh ribu jenis tumbuhan dan pada tahun 2014 terarsip tujuh ribu jenis tumbuhan yang sudah diketahui manfaatnya (Mukhriani, 2014)

Fitokimia adalah disiplin ilmu yang mengkaji karakteristik dan hubungan senyawa kimia dengan metabolit sekunder dalam tumbuhan. termasuk sayur-sayuran, buah-buahan bahkan batang maupun akar-akaran. Ilmu fitokimia mempunyai peranan penting dalam mendukung perkembangan ilmu kesehatan. Salah satu metode yang digunakan untuk mendapatkan metabolit sekunder dari tumbuhan adalah metode ekstraksi (Aprilah, 2016)

Ekstraksi merupakan metode yang digunakan untuk mengisolasi suatu zat dari campurannya melalui penambahan pelarut baik pelarut organik maupun anorganik tergantung dari metabolit yang ingin diisolasi. Ekstraksi merupakan tahap awal untuk mengisolasi analit alami yang diharapkan dari bahan baku dan berperan penting dalam penelitian awal produk bahan alam.

polisakarida, steroid, tiosulfonat, dan kumarin adalah fitokimia bioaktif yang menonjol memiliki kemampuan melawan infeksi virus (Lin *et al.*, 2014)(Kapoor *et al.*, 2017).

Virus merupakan mikroba yang ada di dalam sel inangnya, dan tidak memiliki kemampuan metabolisme yang bebas dan hanya dapat berkembang biak di dalam sel inang yang masih hidup. Antivirus bertujuan Untuk menghentikan perkembangan virus, kita dapat menghambat salah satu tahapan dalam proses replikasinya, sehingga virus tidak dapat berkembang biak. Salah satu contoh yaitu hasil ekstrak teh hijau yaitu senyawa catechin memiliki aktivitas antivirus yang baik yang dapat menghambat aktivitas virus influenza dan SARSCoV-2 (Song *et al.*, 2005) (Nagle *et al.*, 2020)(Das *et al.*, 2020). Ekstrak tumbuhan untuk menghasilkan antivirus masih terus dilakukan sampai dengan saat ini. Contoh lain hasil ekstrak tumbuhan yang dapat digunakan sebagai antivirus adalah senyawa kurkumin pada kunyit dan temulawak diketahui memiliki aktivitas antivirus yang dapat melawan berbagai macam virus seperti virus hepatitis, influenza, zika, chikungunya, HIV, herpes, dan human papillomavirus (HPV) (Nagle *et al.*, 2020). Pengembangan hasil ekstrak metabolit sekunder untuk antivirus masih terus di kembangkan sampai saat ini.

### **C. Kesimpulan**

Aplikasi penggunaan ekstraksi dalam ilmu fitokimia sangat berarti. Ekstraksi merupakan metode dasar dalam memisahkan senyawa dari metabolit sekunder tumbuhan yang nantinya akan digunakan bagi kesehatan manusia

### **D. Daftar Pustaka**

- Al, S. S. L. Z. G. (2006). Natural products isolation, 2nd ed. Humana Press Inc.
- Alimsyah, F., Sugihartini, N., & Susanti, H. (2020). Optimasi campuran ekstrak etanol buah pepaya (*Carica papaya L.*)

- dan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera*) dalam krim sebagai anti aging (Moring. *Jurnal Darul Azhar*, 9(1), 23–29.
- Aprilah, I. (2016). Ekstraksi Antioksidan Lycopene Dari Buah Tomat (*Hylocereus Undatus*) Menggunakan Pelarut Etanol. *Perpustakaan Politeknik Negeri Sriwijaya*, 4–20. <http://eprints.polsri.ac.id/3162/>
- Bustanussalam, Devi, A., Eka, S., & Jaenudin, D. (2016). Efektivitas Antibakteri Ekstrak daun sirih hijau (*Piper betle* L.) Terhadap *staphylococcus aureus*. *Fitofarmaka*, 5(2), 1–23.
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. II. Novel procedure offering improved accuracy. *Applied Microbiology*, 22(4), 666–670. <https://doi.org/10.1128/aem.22.4.666-670.1971>
- Dhea Dani, B. Y., Wahidah, B. F., & Syaifudin, A. (2019). Etnobotani Tanaman Kelor (*Moringa oleifera* Lam.) di Desa Kedungbulus Gembong Pati. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 2(2), 44. <https://doi.org/10.21580/ah.v2i2.4659>
- Djauhari Purwakusumah, E., Royani, L., & Rafi, M. (2016). Evaluasi Aktivitas Antioksidan dan Perubahan Metabolit Sekunder Mayor Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*) pada Umur Rimpang yang Berbeda. *Jurnal Jamu Indonesia*, 1(1), 10–17. <https://doi.org/10.29244/jjdn.v1i1.30590>
- Endah, P. (2010). Perbandingan Metode Maserasi, Remaserasi, Perkolasi dan Reperkolasi dalam Ekstraksi Senyawa Aktif Andrographolide dari Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* (Burm.F.) Nees), Skripsi. *IPB University Scientific Repository*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/62199>
- Fardiyah, N. (2017). Identifikasi golongan senyawa antibakteri fraksi polar dan non polar kulit batang kemiri (*Aleurites moluccana* L. Willd) dengan metode bioautografi kontak. *Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 1–14.
- H., K., M.H., K., & M., K. (2011). *Aleurites moluccana* (L.) Willd.: ekologi, silvikultur dan produktivitas. *Cifor, Bogor, Indonesia*. <https://doi.org/10.17528/cifor/003480>
- Halliwell, B., & Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br J*



- Pharmacol*, 142(2), 231–255. <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705776>
- Herawati, I. E., & Saptarini, N. M. (2020). Studi Fitokimia pada Jahe Merah (*Zingiber officinale* Roscoe Var. Sunti Val). *Majalah Farmasetika.*, 4(Suppl 1), 22–27. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v4i0.25850>
- Ibrahim, A. (2011). Aktivitas antibakteri tumbuhan prinjak (*Aleurites moluccana* (L.) terhadap bakteri *Salmonella thyposa* dan *Vibrio cholera* . *Journal Of Tropical Pharmacy And Chemistry*, 1(3), 192–198. <https://doi.org/10.25026/jtpc.v1i3.27>
- Jawetz, Melnick, & Adelberg. (2005). Mikrobiologi Kedokteran. *Jakarta Salemba Medika.*
- Kapoor, R., Sharma, B., & Kanwar, S. S. (2017). Antiviral Phytochemicals: An Overview. *Biochemistry & Physiology: Open Access*, 06(02). <https://doi.org/10.4172/2168-9652.1000220>
- Khareta, P., Vashisht, M., Bhandari, M., & Raj, S. (2021). Phytochemicals for Healthy Living: Extraction and Usage. *International Journal of Technical Research & Science, Special* (June), 131–148. <https://doi.org/10.30780/specialissue-icaaset021/022>
- Khatik, A. thibi mada. (2017). Uji stabilitas kimia dan aktivitas senyawa kuersetin sebagai senyawa antioksidan. *E-Repository Universitas Gajah Mada, Skripsi.* <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/113053>
- Lin, L. T., Hsu, W. C., & Lin, C. C. (2014). Antiviral natural products and herbal medicines. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 4(1), 24–35. <https://doi.org/10.4103/2225-4110.124335>
- Madigan MT, Martinko JM, Dunlap PV, & Clark DP. (2008). *Biology of Microorganisms* 12th edition. *Pearson.*
- Mishra, G., Singh, P., Verma, R., Kumar, S., Srivastav, S., Jha, K. K., & Khosa, R. L. (2011). Traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant: An overview. *Der Pharmacia Lettre*, 3(2), 141–164.
- Mukhtasari, D. A. (2013). Uji aktivitas antibakteri perasan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*, Swingle) terhadap pertumbuhan *Shigella dysenteriae* secara in

- vitro. Repository Universitas Jember, *Skripsi, Desember*, 128. <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/3001>
- Mukhriani. (2014). Ekstraksi, pemisahan senyawa, dan identifikasi senyawa aktif. *Jurnal Kesehatan*, VII(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.24252/kesehatan.v7i2.55>
- Nagle, V., Limited, R. I., Pawar, Y., Limited, R. I., Dasgupta, S., & Limited, R. I. (2020). *Reconsidering Traditional Medicinal Plants to Combat {COVID}-19* {AIIJR} Preprints. April, 1–6. <https://preprints.aijr.org/index.php/ap/preprint/view/34>
- Ni Nyoman Yuliani, Jefrin Sambara, M. A. M. (2016). Uji aktivitas antioksidan frasi etil asetat ekstrak etanol rimpang jahe merah (*Zingiber officinale var. Rubrum*) dengan metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl). *Informasi Kesehatan*, 14.
- Olla, L. R. Y. (2019). Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Daun Sirih Hijau (*Piper betle* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Karya Tulis Ilmiah*, 136–142.
- Parwata, M. O. A. (2016). Antioksidan. In *Kimia Terapan Program Pascasarjana Universitas Udayana* (Issue April). Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Rosidi, A., Khomsan, A., Setiawan, B., & Briawan, D. (2017). Potensi Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb) Antioksidan. *Program Studi Gizi, Fakultas Ilmu Keperawatan Dan Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang*, 1995.
- Song, J.-M., Hee lee, K., & Lin Seong, B. (2005). Antiviral effect of catechins in green tea on influenza virus. *Antiviral Research Elsevier*, 68(2), 66–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2005.06.010>
- Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., & Rao, C. V. (2009). In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leave. *Food and Chemical Toxicology*, 47(9), 2196–2201. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.06.005>
- Volk, Wesley A, & Wheeler, M. F. (1993). *Mikrobiologi Dasar*. Erlangga. Jakarta

- Wardani, R., Jekti, D. S. D., & Sedijani, P. (2018). Uji altivitas antibakteri ekstrak kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia Swingle*) terhadap pertumbuhan bakteri isolat klinis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 5(1). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.101>
- Widodo, H., Sismindari, S., Asmara, W., & Rohman, A. (2019). Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid contents of selected medicinal plants used for liver diseases and its classification with chemometrics. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(6), 99–105. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2019.90614>

# BAB 5

## JENIS-JENIS KROMATOGRAFI DAN PRINSIP DASARNYA

apt. Muhammad Taufiq Duppa, S.Si., M.Si.

### A. Pendahuluan

Kromatografi merupakan proses pemisahan senyawa berdasarkan perbedaan distribusi (Baskoro, 2018). Kromatografi ditemukan oleh Michel Twett, berkebangsaan usia, yang menggunakan kromatografi untuk memisahkan zat hijau daun dari pigmen lain pada hasil ekstraksi tumbuhan. Kromatografi menurut bahasa Yunani yaitu *chromos* yang berarti warna dan *graphos* yang berarti tulisan. Pemisahan kromatografi terdiri dari dua fase, yakni fase stasioner dan fase mobile. Oleh karena itu, kromatografi adalah suatu proses pemisahan didasari oleh perbedaan laju gerak komponen yang dibagi menjadi fase diam dan fase gerak. Tanpa kedua fase tersebut, proses kromatografi tidak dapat dilanjutkan. Oleh karena itu, dalam kromatografi selalu terdapat fasa, khususnya analit dalam fasa gerak (bergerak) dan fasa diam (tidak bergerak) (Nugraha, 2019).

### B. Klasifikasi Kromatografi

Kromatografi dapat dibedakan klasifikasinya berdasarkan teknik pengerjaannya adapun jenis kromatografi ini adalah :

#### 1. Kromatografi Kertas

Kromatografi kertas adalah metode pemisahan yang bertujuan untuk memisahkan komponen senyawa yang memiliki pigmen pewarna. Kromatografi dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan campuran zat menjadi komponen

#### f. Detektor

Sensitif untuk memisahkan komponen-komponen dalam kolom dan mengubah sensitivitasnya menjadi sinyal listrik. Intensitas sinyal bergantung pada laju aliran massa sampel dan bukan pada konsentrasi gas pembawa sampel. Jangkauan suatu detektor dinyatakan sebagai sinyal terbesar yang diamati dibagi dengan sinyal terkecil yang belum terdeteksi dan masih memberikan respon linier. Detektor harus ditempatkan dekat dengan kolom untuk menghindari kondensasi cairan dan degradasi sampel sebelum mencapai detektor.

#### g. Perekam Sinyal

Keakuratan kromatogram dalam rentang pembacaan ditentukan oleh pilihan perekam sinyal. Terkadang sinyalnya perlu diperkuat. Respons komprehensif akan berlangsung selama satu detik. Sensitivitas perekam adalah 10 mV dan bervariasi dari 1 hingga 10 mV. Terkadang penguatan sinyal mutlak diperlukan. Selama siaran langsung, dua galvanometer diintegrasikan ke dalam generator sinyal (Willian and Pardi, 2022).

### C. Daftar Pustaka

- Ahsan, I. (2022) 'Kromatografi Lapis Tipis Prinsip dan Cara Kerja', *Https://Farmasiindustri.Com*, (November), p. 1. Available at: <https://farmasiindustri.com/qc/kromatografi-lapis-tipis.html>.
- Baskoro, B.D. (2018) 'Metode Dasar Pemisahan Kimia', *Baskoro D B*, 21(3), pp. 1-101.
- Coskun, O. (2016) 'Separation Techniques: CHROMATOGRAPHY', *Northern Clinics of Istanbul*, 3(2), pp. 156-160. Available at: <https://doi.org/10.14744/nci.2016.32757>.
- Hujjatusnaini, D.N. *et al.* (2021) *Buku Referensi Ekstraksi*, Institut Agama Islam Negeri Palangkaraya.

- Kumar, S., Jyotirmayee, K. and Sarangi, M. (2013) 'Thin layer chromatography: A tool of biotechnology for isolation of bioactive compounds from medicinal plants', *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 18(1), pp. 126–132.
- Mubarok, F. (2021) 'Kromatografi Kertas Prinsip dan Cara Kerja', *Research Gate*, (June), pp. 20–26.
- Nugraha, A.A.S. (2019) 'Bab 1 pendahuluan', *Pelayanan Kesehatan*, (2015), pp. 3–13. Available at: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/23790/4/Chapter I.pdf>.
- Nurdiani, D. (2018) 'Buku Informasi Melaksanakan Analisa Secara Kromatografi Konvensional Mengikuti Prosedur', *Kemendikbud*, (9), p. 80.
- Nurfitriani (2013) 'Penggunaan Metode Kromatografi Gas (GC) Dalam Mengkarakterisasi Minyak Atsiri Dari Kulit Jeruk Bali (*Citrus maxima pericarpium*)', *Skripsi*, Universitas, p. Makassar.
- Willian, N. and Pardi, P. (2022) *Buku Ajar Pemisahan Kimia*.

# BAB 6

## KROMATOGRAFI DALAM ISOLASI SENYAWA-SENYAWA ALAM

Nur Insani Amir, S.Si., M.Si.

### A. Pendahuluan

Kromatografi adalah teknik pemisahan yang sangat penting dalam isolasi senyawa-senyawa bahan alam. Senyawa-senyawa alam seringkali terdapat dalam campuran kompleks dan memerlukan metode pemisahan yang efisien dan selektif untuk mengisolasi senyawa-senyawa tersebut.

Isolasi senyawa dari bahan alam adalah proses pemisahan senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam bahan alam seperti tumbuhan, hewan, mikroorganisme atau sumber lainnya. Tujuan isolasi ini bisa beragam, mulai dari penelitian ilmiah hingga produksi senyawa-senyawa yang memiliki nilai komersial, seperti obat-obatan, produk alami atau bahan kimia lainnya. Berikut langkah-langkah umum dalam isolasi senyawa dari bahan alam:

#### 1. Pengumpulan Bahan Alam

Tahap awal adalah mengumpulkan sumber bahan alam yang mengandung senyawa yang ingin diisolasi seperti tumbuhan, akar, daun, buah, hewan, mikroorganisme atau bahan alam lainnya.

#### 2. Preparasi Sampel

Sampel bahan alam yang telah dikumpulkan dipreparasi terlebih dahulu. Langkah ini mungkin melibatkan pemotongan, penggilingan, pengeringan atau penghancuran sampel sesuai dengan kebutuhan.

## F. Daftar Pustaka

- Harbone, J.B. (1987). *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*, diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Sudiro. Bandung: ITB.
- Ibnu Gholib Gandjar, Dea, Abdul Rohman. (2007) *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- McNair, H.M & M. Miller. *Basic Gas Chromatography* (2<sup>nd</sup> ed). United States of America: A John Wiley & Sons, Inc.
- Retna Bandriati Arniputri, Amalia Tetrani Saky, Muji Rahayu. (2007). *Identifikasi Komponen Utama Minyak Atsiri Temu Kunci (Kaemferia pandurata Roxb.) pada Ketinggian Tempat yang Berbeda*. Biodiversitas, **8(2)**, 135-137.
- Sari Nanda. (2011). *Karakterisasi Simplisia dan Isolasi serta Analisis Komponen Minyak Atsiri secara GC-MS dari Buah Kulit Jeruk Bali (Citrus maximae)*. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Stahl, E. (2013). *Thin-Layer Chromatography: A Laboratory Handbook*, Springer.
- Wagner, H dan Bladt. (1996). *Plant Drug Analysis, A Thin Layer Chromatography Atlas*, 2<sup>nd</sup> Ed. Berlin: Springer Verlag.



# BAB 7

## PERBEDAAN SENYAWA POLAR DAN NON-POLAR BERDASARKAN SRUKTURNYA

Femmy Andrifianie, S.Farm., M.Farm.

### A. Pendahuluan

Senyawa kimia dapat dibagi menjadi dua kategori utama berdasarkan sifat polaritas mereka, yaitu senyawa polar dan nonpolar. Polaritas molekul ini berkaitan erat dengan distribusi muatan listrik di dalam molekul, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika dari senyawa-senyawa tersebut (Silberberg *et al.*, 2006). Senyawa polar dan senyawa nonpolar adalah dua jenis senyawa kimia yang memiliki perbedaan dalam struktur molekul mereka, yang pada gilirannya mempengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika mereka (McMurry, 2010).

### B. Pengertian Senyawa Polar dan Non-Polar

Senyawa polar adalah senyawa yang terbentuk akibat interaksi antara senyawa yang bermuatan positif dan negatif, sebagai hasil ikatan dengan atom-atom seperti nitrogen, oksigen, atau sulfur. Senyawa polar adalah senyawa yang salah satu ujung molekulnya sedikit positif, sedangkan ujung lainnya sedikit negatif. Senyawa polar terjadi ketika atom-atom dengan keelektronegatifan berbeda berbagi elektron dalam ikatan kovalen. Setiap atom dalam HCl memerlukan satu elektron lagi untuk membentuk konfigurasi elektron gas inert. Klorin memiliki keelektronegatifan yang lebih tinggi dibandingkan hidrogen, namun daya tarik atom klor terhadap elektron tidak cukup untuk melepaskan elektron dari hidrogen. Akibatnya,

atau lebih ikatan kovalen polar, yang mengakibatkan distribusi muatan yang tidak merata di sepanjang molekul. Dalam molekul nonpolar, distribusi muatan di sepanjang molekul merata dan tidak ada muatan yang signifikan pada bagian tertentu dari molekul. Contoh molekul kovalen polar termasuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Dalam air, atom oksigen lebih elektronegatif daripada atom hidrogen, sehingga terbentuk ikatan kovalen polar dan distribusi muatan yang tidak merata, menghasilkan molekul polar dengan momen dipol. Contoh molekul nonpolar termasuk hidrogen ( $\text{H}_2$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), dan metana ( $\text{CH}_4$ ). Dalam hidrogen, atom-atom hidrogen memiliki elektronegativitas yang sama, sehingga elektron dalam ikatan dibagi secara merata, menjadikan molekul tersebut nonpolar (Zumdahl *et al.*, 2016).

## E. Daftar Pustaka

- Bayliss, N. S., & McRae, E. G. (1954). Solvent effects in organic spectra: dipole forces and the Franck–Condon principle. *The Journal of Physical Chemistry*, 58(11), 1002–1006.
- Brown, T. L. (2019). *Chemistry: The Central Science (13th)*. Ji xie gong ye chu ban she.
- Burke, J. (1984). *Solubility parameters: theory and application*.
- Kotz, J. C., Treichel, P. M., Townsend, J. R., & Treichel, D. A. (2015). Chemistry and chemical reactivity 9th edn. *Ch*, 17, 630–677.
- Masterton, W. L., & Hurley, C. N. (2015). *Chemistry: principles and reactions*. Cengage Learning.
- McMurry, J. E. (2010). *Fundamentals of organic chemistry*. Cengage Learning.
- McMurry, J. E., Fay, R. C., & Fantini, J. (2012). Solutions and Their Properties. *Chemistry*, 392.
- Ouellette, R. J., & Rawn, J. D. (2018). *Organic chemistry: structure, mechanism, synthesis*. Academic Press.
- Oxtoby, D. W., Gillis, H. P., & Butler, L. J. (2015). *Principles of modern chemistry*. Cengage learning.

- Silberberg, M. S., Amateis, P., Venkateswaran, R., & Chen, L. (2006). *Chemistry: The molecular nature of matter and change* (Vol. 4). McGraw-Hill New York.
- Soper, A. K., & Luzar, A. (1996). Orientation of water molecules around small polar and nonpolar groups in solution: a neutron diffraction and computer simulation study. *The Journal of Physical Chemistry*, 100(4), 1357–1367.
- Whitten, K. W., Davis, R. E., Peck, L., & Stanley, G. G. (2013). *Chemistry*. Cengage Learning.
- Zhao, L., Rong, L., Xu, J., Lian, J., Wang, L., & Sun, H. (2020). Sorption of five organic compounds by polar and nonpolar microplastics. *Chemosphere*, 257, 127206.
- Zumdahl, S. S., Zumdahl, S. A., & DeCoste, D. J. (2016). *Chemistry*. Cengage Learning.

# BAB 8 | ISOLASI TERHADAP SENYAWA POLAR DAN NONPOLAR

Athallah, S.Si, M.Sc.

## A. Pendahuluan

Senyawa polar dan nonpolar adalah dua jenis senyawa kimia utama yang memiliki perbedaan polaritas molekul yang signifikan. Polaritas suatu molekul ditentukan oleh besarnya perbedaan keelektronegatifan antaratom penyusunnya. Perbedaan ini dapat menimbulkan muatan parsial positif ( $\delta^+$ ) di salah satu ujung molekul dan muatan parsial negatif ( $\delta^-$ ) di ujung lainnya, sehingga menciptakan momen dipol. Sedangkan senyawa nonpolar mempunyai distribusi elektron yang merata pada seluruh molekulnya sehingga tidak terjadi momen dipol.

Polaritas molekul-molekul ini mempunyai dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek kimia, seperti kelarutan, titik didih, interaksi antarmolekul, dan reaktivitas kimia. Oleh karena itu, memahami perbedaan senyawa polar dan nonpolar sangat penting dalam berbagai bidang seperti bidang kimia, farmasi (Solomons dkk., 2016):

### 1. Pengertian Senyawa Polar dan Nonpolar

Senyawa polar adalah senyawa kimia di mana elektron-elektron dalam molekul tersebut tidak terdistribusi secara merata, sehingga menyebabkan adanya kutub positif dan negatif dalam molekul. Ini terjadi karena perbedaan elektronegativitas antara atom-atom yang membentuk molekul tersebut. Senyawa polar seringkali memiliki momen dipol, yang mengindikasikan adanya distribusi muatan yang tidak seimbang dalam molekul.

- 4) Pemisahan Senyawa Nonpolar dalam Sampel Lingkungan: GC dapat digunakan dalam analisis sampel lingkungan untuk pemisahan dan deteksi senyawa nonpolar seperti pestisida, polutan organik berat, dan senyawa organik volatil (Skoog dkk., 2021).

#### D. Daftar Pustaka

- Atkins, P., Jones, L., & Laverman, L. (2016). *Chemical Principles: The Quest for Insight*. Macmillan Learning.
- Gary, J. H., & Handwerk, G. E. (2001). *Petroleum Refining*. Taylor & Francis.
- Gunstone, F. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Wiley.
- Harvey, D. (DePauw U. (2000). Modern analytical chemistry. *McGraw-Hill Higher Education*, 816.
- Hasibuan, N. H., Karolina, R., Irma, M., & Martinni, M. (2022). Kromatografi Gas. Dalam *Pena Persada Kerta Utama* (Nomor February 2022). Pena Persada Kerta Utama.
- McMurry, J., Robinson, J. K., & Fay, R. C. (2020). *Chemistry*. Pearson Education Limited.
- Mohrig, J. R., Hammond, C. N., & Schatz, P. F. (2010). *Techniques in Organic Chemistry*. W. H. Freeman.
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2021). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Cengage Learning.
- Solomons, T. W. G., Fryhle, C. B., & Snyder, S. A. (2016). *Organic Chemistry*. Wiley.
- Supaya, S. S. (2019). Refdes Kombinasi Alat Refluks dan Distilasi, Upaya Efisiensi Proses Refluks dan Destilasi untuk Praktikum Kimia Organik. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(4), 41. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i4.52716>
- Wulandari, L. (2011). *Kromatografi Lapis Tipis*. Taman Kampus Presindo.

# BAB 9

## SENYAWA-SENYAWA TERMASUK METABOLIT PRIMER DAN METABOLIT SEKUNDER

apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si.

### A. Pendahuluan

Pembentukan metabolit, atau produk metabolisme, dari molekul sederhana hingga molekul yang lebih kompleks, terjadi selama proses biosintesis. Metabolisme organisme terdiri dari metabolisme primer dan metabolisme sekunder. Metabolisme primer menghasilkan metabolit primer. Metabolisme tumbuhan mencakup reaksi kimia dan proses yang terjadi dalam sel tumbuhan untuk mendukung kehidupan, pertumbuhan, dan reproduksi. Ini mencakup transformasi energi dan zat seperti air, karbon dioksida, dan mineral menjadi bagian tanaman seperti amandel dan produk penyimpanan lainnya, selulosa, gula, dan berbagai metabolit seperti minyak esensial dan alelokimia. (Steglich, 2007). Jaringan kompleks ini berisi fotosintesis, pernapasan, keringat, dan jalur biosintesis yang menghasilkan perantara metabolik yang diperlukan, komponen struktural, dan berbagai metabolit sekunder (Li *et al.*, 2018).

Senyawa organik yang dihasilkan dengan cara ini seringkali dibagi menurut aspek fungsionalnya menjadi metabolit primer, metabolit sekunder (disebut juga metabolit khusus atau produk alami), dan hormon tumbuhan (Lincoln Taiz, dkk. 2022). Produk metabolisme primer yang berasal dari glikolisis, siklus asam tricarboxil (TCA), atau jalur shikimate sering berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis puluhan ribu metabolit sekunder yang telah dijelaskan (Kroymann, 2011). Metabolit primer sangat dilestarikan dan dibutuhkan secara

Demikian pula, tanaman *Arabidopsis* dengan gen *AtABCG34* yang berlebihan melepaskan jumlah camalexin yang lebih tinggi dan menunjukkan respon pertahanan yang lebih baik terhadap patogen, sedangkan mutan *atabcg34* mengeluarkan lebih sedikit kamalexin dan menunjukkan peningkatan sensitivitas terhadap *A. brassicicola* (Khare *et al.*, 2017). Selain itu, unsur belerang yang dihasilkan oleh tanaman tertentu seperti tomat, tembakau, kakao, kapas, dan kacang-kacangan, yang berkembang sebagai respons terhadap patogen, juga dianggap sebagai fitolexin anorganik. (Pedras *et al.*, 2011).

### G. Daftar Pustaka

- Agrios, G.N., 2005. Plant pathology, 5th ed. ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam ; Boston.
- Aharoni, A., Galili, G., 2011. Metabolic engineering of the plant primary-secondary metabolism interface. *Curr. Opin. Biotechnol.* 22, 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.11.004>
- Ahmed, E., Arshad, M., Khan, M.Z., Amjad, M.S., Sadaf, H.M., Riaz, I., Ahmad, N., 2017. Secondary metabolites and their multidimensional prospective in plant life. *J. Pharmacogn. Phytochem.*
- Aljbory, Z., Chen, M.-S., 2018. Indirect plant defense against insect herbivores: a review. *Insect Sci.* 25, 2-23. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12436>
- Al-Khayri, J.M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P.B., Banadka, A., Sudheer, W.N., Nagella, P., Shehata, W.F., Al-Mssallem, M.Q., Alessa, F.M., Almaghasla, M.I., Rezk, A.A.-S., 2023. Plant Secondary Metabolites: The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites* 13, 716. <https://doi.org/10.3390/metabo13060716>
- Anjitha, K.S., Sameena, P.P., Puthur, J.T., 2021. Functional aspects of plant secondary metabolites in metal stress tolerance and their importance in pharmacology. *Plant Stress* 2, 100038. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2021.100038>

- Barak, D., 2022. Role of plant metabolites in plant protection and their potential in integrated pest management. *Pharma Innov.* 11, 699–704. <https://doi.org/10.22271/tpi.2022.v11.i5i.12469>
- Bednarek, 2012. Sulfur-Containing Secondary Metabolites from *Arabidopsis thaliana* and other Brassicaceae with Function in Plant Immunity [WWW Document]. URL <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbic.201200086> (accessed 9.19.23).
- Bourgaud, F., Hehn, A., Larbat, R., Doerper, S., Gontier, E., Kellner, S., Matern, U., 2006. Biosynthesis of coumarins in plants: a major pathway still to be unravelled for cytochrome P450 enzymes. *Phytochem. Rev.* 5, 293–308. <https://doi.org/10.1007/s11101-006-9040-2>
- Chen, D., Mubeen, B., Hasnain, A., Rizwan, M., Adrees, M., Naqvi, S.A.H., Iqbal, S., Kamran, M., El-Sabrou, A.M., Elansary, H.O., Mahmoud, E.A., Alaklabi, A., Sathish, M., Din, G.M.U., 2022. Role of Promising Secondary Metabolites to Confer Resistance Against Environmental Stresses in Crop Plants: Current Scenario and Future Perspectives. *Front. Plant Sci.* 13, 881032. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.881032>
- Creelman, R.A., Mullet, J.E., 1997. BIOSYNTHESIS AND ACTION OF JASMONATES IN PLANTS. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 48, 355–381. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.355>
- Dias, M.C., Pinto, D.C.G.A., Silva, A.M.S., 2021. Plant Flavonoids: Chemical Characteristics and Biological Activity. *Molecules* 26, 5377. <https://doi.org/10.3390/molecules26175377>
- Egbuna, C., Polgar, T., Kumar, S., Ezzat, S.M., Ifemeje, J.C., Kaliyaperumal, S., 2019. *Phytochemicals As Lead Compounds for New Drug Discovery*. Elsevier, San Diego.
- Fernie, A.R., Pichersky, E., 2015. Focus Issue on Metabolism: Metabolites, Metabolites Everywhere. *Plant Physiol.* 169, 1421–1423. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01499>
- Harborne, A.J., 1998. *Phytochemical Methods A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*.



- Hartmann, T., 2007. From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry, Highlights in the Evolution of Phytochemistry: 50 Years of the Phytochemical Society of Europe* 68, 2831–2846. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.09.017>
- Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Karthick, K., Shin, H., Choi, S.H., Ramesh, M., 2023. Methyl jasmonate and salicylic acid as powerful elicitors for enhancing the production of secondary metabolites in medicinal plants: an updated review. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 153, 447–458. <https://doi.org/10.1007/s11240-023-02485-8>
- Khare, D., Choi, H., Huh, S.U., Bassin, B., Kim, J., Martinoia, E., Sohn, K.H., Paek, K.-H., Lee, Y., 2017. Arabidopsis ABCG34 contributes to defense against necrotrophic pathogens by mediating the secretion of camalexin. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 114, E5712–E5720. <https://doi.org/10.1073/pnas.1702259114>
- Kortbeek & Michelle van der Gragt & Petra M. Bleeker, 2018. Endogenous plant metabolites against insects. *Dep. Plant Physiol. Swammerdam Inst. Life Sci. Univ. Amst. Sci. Park.*
- Kossel, A., 1891. Ueber Schleim und schleimbildende Stoffe<sup>1</sup>). *DMW - Dtsch. Med. Wochenschr.* 17, 1297–1299. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1206875>
- Kroymann, J., 2011. Natural diversity and adaptation in plant secondary metabolism. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14, 246–251. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.03.021>
- Kumar, K., Kamboj, R., Rao, N., Yadav, J., 2019. Status and Role of Coccinellids in Insect Pest Management. pp. 15–33.
- Leustek, T., Saito, K., 1999. Sulfate transport and assimilation in plants. *Plant Physiol.* 120, 637–644. <https://doi.org/10.1104/pp.120.3.637>
- Li, S., Tian, Y., Wu, K., Ye, Y., Yu, J., Zhang, J., Liu, Q., Hu, M., Li, H., Tong, Y., Harberd, N.P., Fu, X., 2018. Modulating plant growth-metabolism coordination for sustainable agriculture. *Nature* 560, 595–600. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0415-5>
- Lincoln Taiz, Ian Max Møller, Angus Murphy, and Eduardo Zeiger Emeritus, 2022. *Plant Physiology and*

- Development, Seventh Edition. ed. Oxford University Press, Ingggris.
- Liu, W., Feng, Y., Yu, S., Fan, Z., Li, X., Li, J., Yin, H., 2021. The Flavonoid Biosynthesis Network in Plants. *Int. J. Mol. Sci.* 22, 12824. <https://doi.org/10.3390/ijms222312824>
- Marguerite BatsalellenORCID, M., Bahammou, Delphine, Laetitia Foui, L., Mongrand, S., Frédéric Domergue, D., 2021. Biosynthesis and Functions of Very-Long-Chain Fatty Acids in the Responses of Plants to Abiotic and Biotic Stresses. *Univ. Bordx. CNRS Lab. Biog. Membr. UMR 5200 F-33140 Villenave D'Ornon Fr.*
- Moura, 2010. Abiotic and Biotic Stresses and Changes in the Lignin Content and Composition in Plants. *J. Integr. Plant Biol. - Wiley Online Libr.*
- Pavela, R., Maggi, F., Benelli, G., 2021. Coumarin (2H-1-benzopyran-2-one): a novel and eco-friendly aphicide. *Nat. Prod. Res.* 35, 1566-1571. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1660334>
- Pedras, M.S.C., Yaya, E.E., Glawischnig, E., 2011. The phytoalexins from cultivated and wild crucifers: Chemistry and biology - Natural Product Reports (RSC Publishing) [WWW Document]. URL <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/NP/c1np00020a> (accessed 9.19.23).
- Pratyusha, S., 2022. Plant Stress Physiology - Perspectives in Agriculture | IntechOpen [WWW Document]. URL <https://www.intechopen.com/books/10795> (accessed 9.19.23).
- Price, A.H., Atherton, N.M., Hendry, G.A., 1989. Plants under drought-stress generate activated oxygen. *Free Radic. Res. Commun.* 8, 61-66. <https://doi.org/10.3109/10715768909087973>
- Rafiq Lone, Salim Khan, Abdullah Mohammed Al-Sadi, 2023. Plant Phenolics in Abiotic Stress Management | SpringerLink [WWW Document]. URL <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-19-6426-8> (accessed 9.19.23).
- Rahman, A., Albadrani, G.M., Waraich, E.A., Awan, T.H., Yavaş, İ., Hussain, S., Rahman, A., Albadrani, G.M., Waraich, E.A., Awan, T.H., Yavaş, İ., Hussain, S., 2023. Plant

- Secondary Metabolites and Abiotic Stress Tolerance: Overview and Implications. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.111696>
- Reshi, Z.A., Ahmad, W., Lukatkin, A.S., Javed, S.B., 2023. From Nature to Lab: A Review of Secondary Metabolite Biosynthetic Pathways, Environmental Influences, and In Vitro Approaches. *Metabolites* 13, 895. <https://doi.org/10.3390/metabo13080895>
- Sharma, 2019. Tannin degradation by phytopathogen's tannase. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology [WWW Document]. Singh, V.P., Siddiqui, M.H. (Eds.), 2023. Plant ionomics: sensing, signaling, and regulation. Wiley, Hoboken, NJ. <https://doi.org/10.1002/9781119803041>
- Steglich, W., 2007. Plant Secondary Metabolites. Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Edited by Alan Crozier, M. N. Clifford and H. Ashihara. *Angew. Chem. Int. Ed.* 46, 8113–8114. <https://doi.org/10.1002/anie.200685491>
- Stringlis, I.A., de Jonge, R., Pieterse, C.M.J., 2019. The Age of Coumarins in Plant-Microbe Interactions. *Plant Cell Physiol.* 60, 1405–1419. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz076>
- Tiku Anupama Razdan, 2018. Antimicrobial Compounds and Their Role in Plant Defense | Molecular Aspects of Plant-Pathogen Interactio SpringerLink [WWW Document]. URL [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7371-7\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7371-7_13) (accessed 9.19.23).
- War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., Sharma, H.C., 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal. Behav.* 7, 1306–1320. <https://doi.org/10.4161/psb.21663>
- Weaver, L.M., Herrmann, K.M., 1997. Dynamics of the shikimate pathway in plants. *Trends Plant Sci.* 2, 346–351. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(97\)84622-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(97)84622-5)
- Xóchitl S. Ramírez-Gómez, Sandra N. Jiménez-García,, Vicente Beltrán Campos and Ma. Lourdes García Campos, 2019. Plant Metabolites in Plant Defense Against Pathogens [WWW Document]. URL [https://www.researchgate.net/publication/334719809\\_](https://www.researchgate.net/publication/334719809_)

Plant\_Metabolites\_in\_Plant\_Defense\_Against\_Pathogens  
(accessed 9.19.23).

- Yamane, H., Konno, K., Sabelis, M., Takabayashi, J., Sassa, T., Oikawa, H., 2010. Chemical Defence and Toxins of Plants. Elsevier, pp. 339–385. <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00099-X>
- Zeng, X., Jiang, W., Du, Z., Kokini, J.L., 2023. Encapsulation of tannins and tannin-rich plant extracts by complex coacervation to improve their physicochemical properties and biological activities: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 63, 3005–3018. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2075313>
- Zhao Lei, et.al, 2022. Coumarin Derivatives Containing Sulfonamide and Dithioacetal Moieties: Design, Synthesis, Antiviral Activity, and Mechanism | *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [WWW Document]. URL <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.jafc.2c00672> (accessed 9.19.23).

# BAB 10

## BIOSINTESIS METABOLIT SEKUNDER JALUR ASETAT MEVALONAT

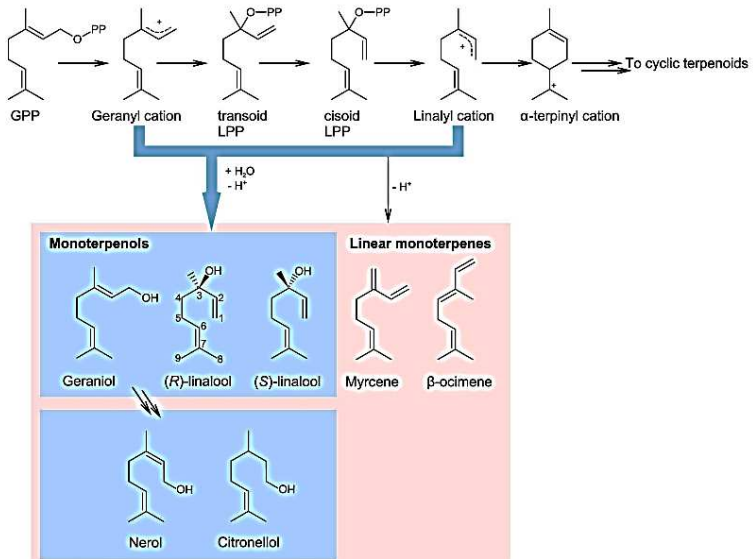
apt. Fitriani Fajri Ahmad, S.Farm., M.Si.

### A. Pendahuluan

Kata “biosintesis” tersusun atas dua kata yaitu “bio” yang berarti hidup dan “sintesis” yang berarti pembuatan produk baru. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jalur biosintesis merupakan sebuah gambaran proses reaksi kimia yang terjadi saat makhluk hidup membuat suatu senyawa kompleks yang baru dari senyawa yang lebih kecil dan lebih sederhana (Julianto, 2019). Biosintesis metabolit sekunder amat bervariasi biasanya bergantung pada golongan senyawa yang terkandung dalam tumbuhan yang bersangkutan. Tumbuhan pada dasarnya akan mensintesis metabolik primer seperti karbohidrat dan protein, sedangkan untuk metabolit sekundernya tidak atau hanya dalam jumlah minor disintesis. Pada tumbuhan, terdapat tiga jalur utama biosintesis metabolit sekunder yaitu melalui jalur asam mevalonat asetat, jalur asam malonat asetat dan asam sikimat (Wiraatmaja, 2016). Nah pada bab ini kita akan membahas biosintesis metabolit sekunder dengan jalur asam mevalonat.

Jalur mevalonat (MP, *Mevalonate Pathway*) juga dikenal sebagai jalur isoprenoid atau jalur 3-hidroksi-3-metilglutaril-CoA reduktase (HMGCR) adalah jalur anabolik yang menyediakan metabolit untuk berbagai proses seluler pada eukariota, archaea, serta beberapa bakteri, sehingga penting bagi hampir semua organisme hidup termasuk manusia. Senyawa mevalonat yang dihasilkan dari asetoasetil-KoA oleh HMGCR

(E)-8-hidroksigeraniol disebut sebagai 10-hidroksigeraniol. GPP, geranyl difosfat; LPP, linalil difosfat (Lic, Parage, Boachon, & dkk, 2016).



Gambar 32. Sintesis Geraniol dan Senyawa Lainnya.

#### D. Daftar Pustaka

- Anggraito, Y.U; Susanti, R; dkk. (2018). *Metabolit Sekunder dari Tanaman: Alikasi dan Produksi*. Semarang: Fak.MIPA Universitas Negeri Semarang.
- Buhaescu, I., & Izzedine, H. (31 Maret 2007). Mevalonate pathway: A review of clinical and therapeutical implications. *ELSEVIER, Clinical Biochemistry*, 575-584.
- Chen, W., & Viljoen, A. (2010). Geraniol- A review of a commercially important fragrance material. *South African Journal of Botany*, 643-651.
- Julianto, T. S. (2019). *Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder*. Yogyakarta: Universitas Islam.
- Karlic, H., & Varga, F. (2019). Mevalonate Pathway. *Elsevier: Encyclopedia of Cancer*, 445-458.
- Lic, T., Parage, C., Boachon, B., & dkk. (2016). Monoterpenoid oxidative Metabolism: Role in Plant Adaptation and Potential Application. *Frontiers in Plant Science*, 1-16.

- Mugford, S. T., & Osbourn, A. (2012). Saponin Synthesis and Function. *Isoprenoid Synthesis in Plants and Microorganisms. Norwich Research Park*, 405-424.
- Salempa, P., & Muharram. (2016). *Senyawa steroid dalam tumbuhan bayur*. Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Susilawati, I. Z. (n.d.). Isolasi dan identifikasi steroid dari tumbuhan dan piladang hitam (*Coleus scutellaroides* (L). Benth). *Perpustakaan Universitas Riau*, 1-8.
- Wiraatmaja, I. w. (2016). *Metabolik Primer dan Sekunder*. Bali: Universitas Udayana.

# BAB 11

## BIOSINTESIS METABOLIT SEKUNDER JALUR SHIKIMAT

apt. Khairuddin, S.Si., M.Si.

### A. Pendahuluan

Metabolisme didefinisikan sebagai jumlah dari reaksi biokimia yang dilakukan oleh suatu organisme. Metabolit sekunder dapat berupa zat antara dan produk metabolisme serta terbatas pada molekul kecil. Meskipun metabolit sekunder berasal dari metabolisme primer, mereka tidak membentuk kerangka dasar molekul organisme. Ketidakhadirannya tidak serta merta membatasi kehidupan suatu organisme, yang bertentangan dengan metabolit primer, tetapi kelangsungan hidup organisme menjadi terganggu pada tingkat yang lebih besar.

Sifat suatu senyawa perantara menunjukkan jalur biokimia umum yang digunakan bersama oleh metabolisme primer dan sekunder. Metabolit sekunder berfungsi sebagai zona penyangga di mana kelebihan C dan N dapat dialihkan untuk membentuk bagian metabolisme primer yang tidak aktif. C dan N yang disimpan dapat kembali ke metabolit primer melalui disintegrasi metabolik metabolit sekunder ketika dibutuhkan. Terdapat dinamisme dan keseimbangan antara aktivitas metabolisme primer dan sekunder yang dipengaruhi oleh pertumbuhan, diferensiasi jaringan, dan perkembangan sel atau tubuh, dan juga tekanan eksternal.

Metabolit sekunder tumbuhan merupakan produk yang bernilai ekonomis tinggi. Digunakan sebagai bahan kimia bernilai tinggi seperti obat-obatan, perasa, wewangian,



stres akibat sinar UV hanya menstimulasi gen katabolik PAL dan TAT, tetapi bukan gen yang mengkode enzim biosintesis asam amino aromatis ini. Sebaliknya, stres yang sama merangsang tingkat ekspresi gen yang mengkode biosintesis dan enzim katabolik dari jalur Trp (Tzin and Galili, 2010).

## H. Daftar Pustaka

- Maeda, H. and Dudareva, N. (2012) 'The shikimate pathway and aromatic amino acid biosynthesis in plants', *Annual Review of Plant Biology*, 63, pp. 73-105.
- Mir, R., Jallu, S. and Singh, T. P. (2015) 'The shikimate pathway: Review of amino acid sequence, function and three-dimensional structures of the enzymes', *Critical Reviews in Microbiology*, 41(2), pp. 172-189.
- Tzin, V. and Galili, G. (2010) 'New Insights into the shikimate and aromatic amino acids biosynthesis pathways in plants', *Molecular Plant*. The Authors 2010, 3(6), pp. 956-972.
- Tzin, V., Galili, G. and Aharoni, A. (2012) 'Shikimate Pathway and Aromatic Amino Acid Biosynthesis', *eLS*, pp. 1-10.
- Yokoyama, R. *et al.* (2021) 'The entry reaction of the plant shikimate pathway is subjected to highly complex metabolite-mediated regulation', *Plant Cell*, 33(3), pp. 671-696.

# BAB 12

## MANFAAT METABOLIT SEKUNDER DALAM DUNIA FARMASI

Andi Nafisah Tendri Adjeng, S.Farm., M.Sc.

### A. Pendahuluan

Metabolit sekunder adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme hidup, seperti tanaman, mikroorganisme, maupun hewan, yang tidak diperlukan secara langsung untuk pertumbuhan atau kelangsungan hidup mereka. Meskipun tidak terlibat dalam proses fisiologis utama, metabolit sekunder seringkali memiliki berbagai manfaat dalam farmasi. Salah satunya adalah sebagai sumber potensial obat. Misalnya morfin dan kodein (*Papaver somniferum*), maupun kuinin (kulit pohon quinine (*Cinchona* spp.) yang digunakan sebagai analgesik atau antimalaria.

Kandungan obat dalam metabolit sekunder ini telah digunakan selama berabad-abad untuk mengobati berbagai penyakit. Selain itu, metabolit sekunder juga berperan penting dalam mendukung penemuan obat baru. Struktur kimia unik dan kompleks dari metabolit sekunder sering dijadikan dasar untuk mengembangkan obat-obatan sintesis yang lebih efektif. Para peneliti dapat memodifikasi struktur ini untuk meningkatkan efikasi atau mengurangi efek samping, membuka jalan menuju pengembangan obat-obatan yang lebih canggih dan bermanfaat bagi kesehatan manusia. Beberapa jenis metabolit sekunder yang umumnya terdapat dalam tanaman serta manfaatnya dalam bidang farmasi antara lain:

8. Saponin dari Quinoa: Quinoa mengandung saponin yang digunakan dalam industri farmasi sebagai bahan alam yang memfasilitasi penyerapan obat tertentu

## F. Daftar Pustaka

- Allowail, A. (2021). Molecular insights into the benefits of nicotine on memory and cognition. *Molecular Medicine Reports*, 23(6), 1–6.
- Alibi, S., Crespo, D., & Navas, J. (2021). Plant-derivatives small molecules with antibacterial activity. *Antibiotics*, 10(3), 231.
- Azimova, S. S., & Yunusov, M. S. (2013). *Natural Compounds: Plant Sources, Structure and Properties. Alkaloids*. Springer.
- Bellik, Y., M Hammoudi, S., Abdellah, F., Iguer-Ouada, M., & Boukraâ, L. (2012). Phytochemicals to prevent inflammation and allergy. *Recent Patents on Inflammation & Allergy Drug Discovery*, 6(2), 147–158.
- Belsito, D. V, Hill, R. A., Klaassen, C. D., Liebler, D. C., Marks Jr, J. G., Shank, R. C., Slaga, T. J., & Snyder, P. W. (2013). *Safety assessment of Rosmarinus Officinalis (rosemary)-derived ingredients as used in cosmetics*.
- Brook, K., Bennett, J., & Desai, S. P. (2017). The chemical history of morphine: an 8000-year journey, from resin to de-novo synthesis. *Journal of Anesthesia History*, 3(2), 50–55.
- Christo, P. J., & Mazloomdoost, D. (2008). Cancer pain and analgesia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1138(1), 278–298.
- Coseran, M. A., Constantinesu, E., Ona, A., Balas, S., & Duda, M. (2022). Milk Thistle [*Silybum marianum* (L.) Gaertn.]—a Very Useful Plant for People’s Health. *Hop and Medicinal Plants*.
- Dai, R., Sun, Y., Su, R., & Gao, H. (2022). Anti-Alzheimer’s disease potential of traditional chinese medicinal herbs as inhibitors of BACE1 and AChE enzymes. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 154, 113576.
- Demain, A. L., & Vaishnav, P. (2011). Natural products for cancer chemotherapy. *Microbial Biotechnology*, 4(6), 687–699.

- Ekiert, H., Kwiecień, I., & Szopa, A. (2013). Rosmarinic acid production in plant in vitro cultures. *Pol J Cosmetol*, 16, 49–58.
- Fleck, J. D., Betti, A. H., Da Silva, F. P., Troian, E. A., Olivaro, C., Ferreira, F., & Verza, S. G. (2019). Saponins from *Quillaja saponaria* and *Quillaja brasiliensis*: particular chemical characteristics and biological activities. *Molecules*, 24(1), 171.
- Freires, I. A., Denny, C., Benso, B., Alencar, S. M. de, & Rosalen, P. L. (2015). Antibacterial activity of essential oils and their isolated constituents against cariogenic bacteria: a systematic review. *Molecules*, 20(4), 7329–7358.
- Fu, R., Li, J., Yu, H., Zhang, Y., Xu, Z., & Martin, C. (2021). The Yin and Yang of traditional Chinese and Western medicine. *Medicinal Research Reviews*, 41(6), 3182–3200.
- Hauptman, P. J., & Kelly, R. A. (1999). Digitalis. *Circulation*, 99(9), 1265–1270.
- Ibáñez, M. D., Sanchez-Ballester, N. M., & Blázquez, M. A. (2020). Encapsulated limonene: A pleasant lemon-like aroma with promising application in the agri-food industry. A review. *Molecules*, 25(11), 2598.
- Jahangeer, M., Fatima, R., Ashiq, M., Basharat, A., Qamar, S. A., Bilal, M., & Iqbal, H. (2021). Therapeutic and Biomedical Potentialities of Terpenoids-A Review. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, 15(2).
- Jayaprakasha, G. K., & Rao, L. J. M. (2011). Chemistry, biogenesis, and biological activities of *Cinnamomum zeylanicum*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(6), 547–562.
- Johnson, M. J., McDonagh, T. A., Harkness, A., McKay, S. E., & Dargie, H. J. (2002). Morphine for the relief of breathlessness in patients with chronic heart failure – a pilot study. *European Journal of Heart Failure*, 4(6), 753–756.
- Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., & Lawrence, B. M. (2013). Menthol: A simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*, 96, 15–25.
- Kavya, N. M., Adil, L., & Senthilkumar, P. (2021). A review on saponin biosynthesis and its transcriptomic resources in medicinal plants. *Plant Molecular Biology Reporter*, 1–8.

- Le Houezec, J. (2003). Role of nicotine pharmacokinetics in nicotine addiction and nicotine replacement therapy: a review. *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 7(9), 811–819.
- Lee, S., & Rhee, D.-K. (2017). Effects of ginseng on stress-related depression, anxiety, and the hypothalamic–pituitary–adrenal axis. *Journal of Ginseng Research*, 41(4), 589–594.
- Luthuli, S., Wu, S., Cheng, Y., Zheng, X., Wu, M., & Tong, H. (2019). Therapeutic effects of fucoidan: A review on recent studies. *Marine Drugs*, 17(9), 487.
- Ma, Y., Li, W., Mai, J., Wang, J., Wei, Y., Ledesma-Amaro, R., & Ji, X.-J. (2021). Engineering *Yarrowia lipolytica* for sustainable production of the chamomile sesquiterpene (–)- $\alpha$ -bisabolol. *Green Chemistry*, 23(2), 780–787.
- Nair, C. I., Jayachandran, K., & Shashidhar, S. (2008). Biodegradation of phenol. *African Journal of Biotechnology*, 7(25).
- Paduch, R., Kandefer-Szerszeń, M., Trytek, M., & Fiedurek, J. (2007). Terpenes: substances useful in human healthcare. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 55, 315–327.
- Patil, A., Paikrao, H. M., & Patil, S. (2023). The Chemistry and biology of the plant poisons and their forensic significance. *Studies in Natural Products Chemistry*, 78, 255–321.
- Radu, D., Alexe, P., & Stănciuc, N. (2020). Overview on the potential role of phytochemicals from lavender as functional ingredients. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 44(2), 173–188.
- Solomons, T. W. G., & Fryhle, C. B. (2008). *Organic chemistry*. John Wiley & Sons.
- Strømgaard, K., & Nakanishi, K. (2004). Chemistry and biology of terpene trilactones from *Ginkgo biloba*. *Angewandte Chemie International Edition*, 43(13), 1640–1658.
- Terry Jr, A. V., Callahan, P. M., & Hernandez, C. M. (2015). Nicotinic ligands as multifunctional agents for the treatment of neuropsychiatric disorders. *Biochemical Pharmacology*, 97(4), 388–398.

- Uhl, G. R., Koob, G. F., & Cable, J. (2019). The neurobiology of addiction. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1451(1), 5–28.
- Verpoorte, R., Roberts, M. F., & Wink, M. (1998). Alkaloids: Biochemistry, ecology and medicinal applications. ROBERTS, MF; WINK, M. *Plenum Press, New York*.
- Vespermann, K. A. C., Paulino, B. N., Barcelos, M. C. S., Pessôa, M. G., Pastore, G. M., & Molina, G. (2017). Biotransformation of  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene into flavor compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, 1805–1817.
- Vora, A., & Nadkar, M. Y. (2015). Codeine: a relook at the old antitussive. *Journal of The Association of Physicians of India*, 63(4), 80–82.
- Xu, P., Wang, K., Lu, C., Dong, L., Gao, L., Yan, M., Aibai, S., Yang, Y., & Liu, X. (2017). The protective effect of lavender essential oil and its main component linalool against the cognitive deficits induced by D-galactose and aluminum trichloride in mice. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017.

# BAB 13

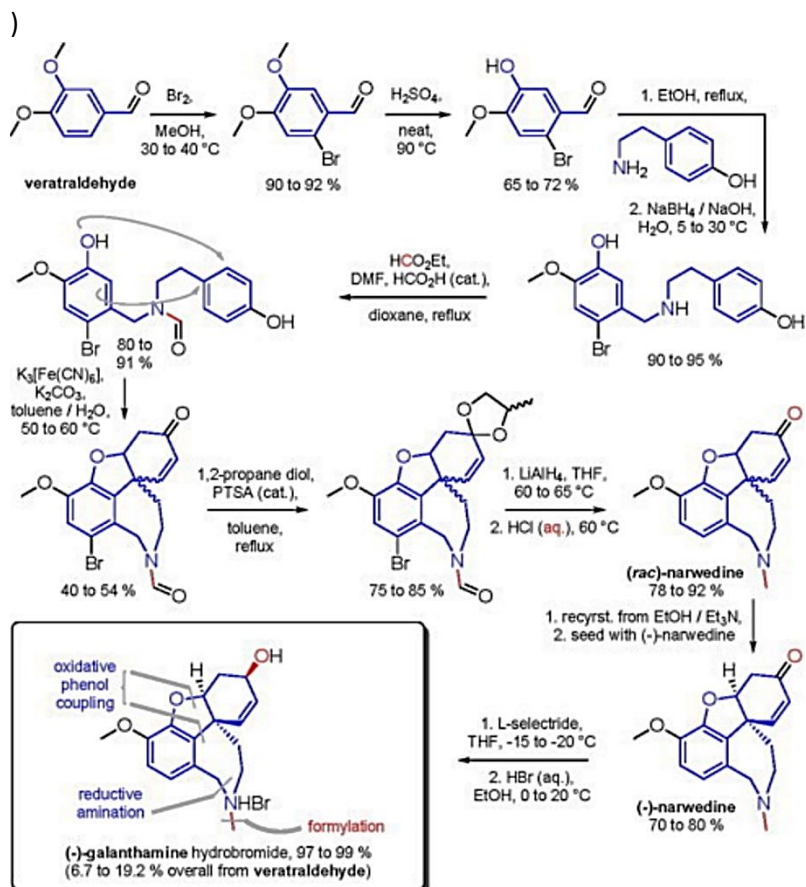
## METABOLIT SEKUNDER YANG BERMANFAAT BAGI DUNIA FARMASI SECARA SINTESIS

Prof. Subehan, M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.

### A. Pendahuluan

Tumbuhan menyediakan berbagai fitokimia yang merupakan senyawa kimia yang berupa metabolit sekunder dalam tumbuhan. Dapat digunakan dalam pengobatan dan berfungsi bagi lingkungan. Selain itu juga banyak digunakan dalam produk komersial dan farmasi. Karena komposisi kimia yang kompleks dan kiralitas yang ditunjukkan oleh senyawa-senyawa ini, meskipun mereka menghasilkan sejumlah produk obat yang sudah ada di pasaran atau sedang dalam uji coba, jumlah yang diperoleh dari sumber tanaman sangat sedikit atau sulit untuk disintesis untuk kebutuhan tingkat industri. Oleh sebab itu berbagai upaya dilakukan diantara kultur sel tanaman, hal ini memberikan alternatif yang bagus untuk produksi metabolit sekunder yang diinginkan secara konsisten di bawah pengaruh prekursor dan elisitor (Twaij and Hasan, 2022).

Sifat kimiawi dan komposisi metabolit tergantung pada spesies tanaman; metabolit sekunder adalah molekul organik kecil dengan massa kurang dari 3000 Da yang berasal dari metabolit primer selama proses emboli tanaman. Karena sebagian besar metabolit dalam produk alami tanaman adalah metabolit sekunder. Metabolit sekunder menarik karena berbagai alasan. Misalnya, dalam literatur, telah ditemukan bahwa mereka menarik karena keanekaragaman strukturnya dan kemungkinan menjadi kandidat obat dan/atau berfungsi sebagai antioksidan, anti inflamasi, selain itu senyawa dari



Gambar 58. Sintesis Galanthamine. Warna Menunjukkan: Biru (Atom/Ikatan Kerangka: Kerangka Karbon/Oksigen/Nitrogen), dan Merah (Atom/Ikatan Non-Kerangka yang Terpasang)

## F. Daftar Pustaka

- BADI, H., ABDOOSI, V. & FARZIN, N. 2015. New approach to improve taxol biosynthetic. *Trakia J. Sci*, 2, 115-124.
- BARTON, D. & KIRBY, G. 1962. 153. Phenol oxidation and biosynthesis. Part V. The synthesis of galanthamine. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*, 806-817.
- BOHLMANN, J. & KEELING, C. I. 2008. Terpenoid biomaterials. *The Plant Journal*, 54, 656-669.



- BUTLER, M. S. 2004. The role of natural product chemistry in drug discovery. *Journal of natural products*, 67, 2141-2153.
- CRAGG, G. M. & NEWMAN, D. J. 2013. Natural products: a continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1830, 3670-3695.
- CRAGG, G. M., SCHEPARTZ, S. A., SUFFNESS, M. & GREVER, M. R. 1993. The taxol supply crisis. New NCI policies for handling the large-scale production of novel natural product anticancer and anti-HIV agents. *Journal of natural products*, 56, 1657-1668.
- DAVID, B., WOLFENDER, J.-L. & DIAS, D. A. 2015. The pharmaceutical industry and natural products: historical status and new trends. *Phytochemistry Reviews*, 14, 299-315.
- EHRlich, P. R. & HOLDREN, J. P. 1971. Impact of Population Growth: Complacency concerning this component of man's predicament is unjustified and counterproductive. *Science*, 171, 1212-1217.
- FEHER, M. & SCHMIDT, J. M. 2003. Property distributions: differences between drugs, natural products, and molecules from combinatorial chemistry. *Journal of chemical information and computer sciences*, 43, 218-227.
- FIGUEREDO, A. C., BARROSO, J., PEDRO, L. & SCHEFFER, J. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile and essential oils. *Flavour Fragr. J*, 23, 213-226.
- HOWAT, S., PARK, B., OH, I. S., JIN, Y.-W., LEE, E.-K. & LOAKE, G. J. 2014. Paclitaxel: biosynthesis, production and future prospects. *New biotechnology*, 31, 242-245.
- HUANG, W.-Y., CAI, Y.-Z. & ZHANG, Y. 2009. Natural phenolic compounds from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and cancer*, 62, 1-20.
- HUDLICKY, T. & REED, J. W. 2009. Celebrating 20 years of Synlett-Special account on the merits of biocatalysis and the impact of arene cis-dihydrodiols on enantioselective synthesis. *Synlett*, 2009, 685-703.
- JARVIS, M. F. & WILLIAMS, M. 1989. Direct autoradiographic localization of adenosine A2 receptors in the rat brain

- using the A2-selective agonist,[3H] CGS 21680. *European journal of pharmacology*, 168, 243-246.
- KINGSTON, D. G. 2011. Modern natural products drug discovery and its relevance to biodiversity conservation. *Journal of natural products*, 74, 496-511.
- KOEHN, F. E. & CARTER, G. T. 2005. The evolving role of natural products in drug discovery. *Nature reviews Drug discovery*, 4, 206-220.
- KONG, J., YANG, Y., WANG, W., CHENG, K. & ZHU, P. 2013. Artemisinic acid: A promising molecule potentially suitable for the semi-synthesis of artemisinin. *RSC advances*, 3, 7622-7641.
- KÜENBURG, B., CZOLLNER, L., FRÖHLICH, J. & JORDIS, U. 1999. Development of a pilot scale process for the anti-Alzheimer drug (-)-galanthamine using large-scale phenolic oxidative coupling and crystallisation-induced chiral conversion. *Organic Process Research & Development*, 3, 425-431.
- KUZUYAMA, T. & SETO, H. 2003. Diversity of the biosynthesis of the isoprene units. *Natural product reports*, 20, 171-183.
- LANGE, B. M. & AHKAMI, A. 2013. Metabolic engineering of plant monoterpenes, sesquiterpenes and diterpenes – current status and future opportunities. *Plant biotechnology journal*, 11, 169-196.
- LARSSON, J., GOTTFRIES, J., MURESAN, S. & BACKLUND, A. 2007. ChemGPS-NP: tuned for navigation in biologically relevant chemical space. *Journal of natural products*, 70, 789-794.
- LEE, M.-L. & SCHNEIDER, G. 2001. Scaffold architecture and pharmacophoric properties of natural products and trade drugs: application in the design of natural product-based combinatorial libraries. *Journal of combinatorial chemistry*, 3, 284-289.
- MALIK, S., CUSIDÓ, R. M., MIRJALILI, M. H., MOYANO, E., PALAZÓN, J. & BONFILL, M. 2011. Production of the anticancer drug taxol in *Taxus baccata* suspension cultures: a review. *Process Biochemistry*, 46, 23-34.

- MARIENHAGEN, J. & BOTT, M. 2013. Metabolic engineering of microorganisms for the synthesis of plant natural products. *Journal of biotechnology*, 163, 166-178.
- MUSSBACHER, M., SALZMANN, M., BROSTJAN, C., HOESEL, B., SCHOERGENHOFER, C., DATLER, H., HOHENSINNER, P., BASÍLIO, J., PETZELBAUER, P. & ASSINGER, A. 2019. Cell type-specific roles of NF- $\kappa$ B linking inflammation and thrombosis. *Frontiers in immunology*, 85.
- NEWMAN, D. J. & CRAGG, G. M. 2004. Marine natural products and related compounds in clinical and advanced preclinical trials. *Journal of natural products*, 67, 1216-1238.
- PADDON, C. J. & KEASLING, J. D. 2014. Semi-synthetic artemisinin: a model for the use of synthetic biology in pharmaceutical development. *Nature reviews microbiology*, 12, 355-367.
- PADDON, C. J., WESTFALL, P. J., PITERA, D. J., BENJAMIN, K., FISHER, K., MCPHEE, D., LEAVELL, M., TAL, A., MAIN, A. & ENG, D. 2013. High-level semi-synthetic production of the potent antimalarial artemisinin. *Nature*, 496, 528-532.
- PAWLIKOWSKI, T. 2010. Pollination activity of bees (Apoidea: Apiformes) visiting the flowers of *Tilia cordata* Mill. and *Tilia tomentosa* Moench in an urban environment. *J. Apic. Sci*, 54, 73-79.
- ROSÉN, J., LÖVGREN, A., KOGEJ, T., MURESAN, S., GOTTFRIES, J. & BACKLUND, A. 2009. ChemGPS-NP Web: Chemical space navigation online. *Journal of computer-aided molecular design*, 23, 253-259.
- SANCHEZ, S. & DEMAIN, A. L. 2011. Secondary metabolites.
- SAXENA, M., SAXENA, J., NEMA, R., SINGH, D. & GUPTA, A. 2013. Phytochemistry of medicinal plants. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 1, 168-182.
- TWAIJ, B. M. & HASAN, M. N. 2022. Bioactive secondary metabolites from plant sources: Types, synthesis, and their therapeutic uses. *International Journal of Plant Biology*, 13, 4-14.

- WASZKOWYCZ, B., CLARK, D. E. & GANCIA, E. 2011. Outstanding challenges in protein-ligand docking and structure-based virtual screening. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 1, 229-259.
- WEINBERG, E. D. 1962. Trace-metal control of specific biosynthetic processes. *Perspectives in Biology and Medicine*, 5, 432-445.
- ZHANG, H., XU, X., CHEN, L., CHEN, J., HU, L., JIANG, H. & SHEN, X. 2011. Molecular determinants of magnolol targeting both RXR $\alpha$  and PPAR $\gamma$ . *PloS one*, 6, e28253.

# BAB 14

## MANFAAT METABOLIT SEKUNDER DALAM KEMOTAKSONOMI DAN *QUALITY CONTROL*

Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.

### A. Metabolit sekunder dalam Kemotaksonomi

Metabolisme pada makhluk hidup dapat terjadi melalui metabolisme primer yang melibatkan senyawa karbohidrat, protein dan lemak. Metabolisme sekunder juga terjadi pada makhluk hidup seperti hewan dan tumbuhan memiliki dengan jalur metabolisme yang khas dan unik. Pada tanaman proses metabolisme sekunder akan melibatkan dan menghasilkan senyawa kimia yang berbeda dan menjadi penciri tumbuhan tersebut atau yang lebih dikenal sebagai senyawa metabolit sekunder.

Senyawa metabolit sekunder memiliki peranan sangat penting bagi tumbuhan yang berfungsi tidak diperuntukkan sebagai nutrisi pokok dalam proses pertumbuhannya, tetapi lebih bersifat sebagai komponen penunjang, antara lain :

1. Sebagai penarik binatang atau tumbuhan lain dengan tujuan mempertahankan kelangsungan hidup tumbuhan seperti pada serangga polinator, bakteri bintil akar, dan binatang penyebar biji. Tumbuhan tertentu mempunyai kemampuan menarik serangga dengan mengeluarkan senyawa tertentu sehingga serangga mendatangi tumbuhan dan membantu proses penyerbukan dan juga berguna untuk bertahan dari serangan hewan.
2. Sebagai pelindung sinar UV sehingga dapat mengurangi stres abiotik dan menyimpan kandungan nitrogen dalam tumbuhan dan

### C. Metode Kendali Mutu dalam Standarisasi Obat Herbal

Berbagai metode dapat digunakan untuk kendali mutu berbasis sidik jari. Metode yang paling banyak digunakan tergolong ke dalam teknik kromatografi, spektroskopi, dan tandem kromatografi-spektroskopi. Selain teknik tersebut, elektroforesis kapiler juga merupakan teknik yang dapat digunakan untuk analisis sidik jari namun penggunaannya untuk sidik jari tumbuhan obat dan obat herbal tidak seluas teknik kromatografi dan spektroskopi. Teknik Spektroskopi yang digunakan untuk analisis sidik jari antara lain spektroskopi resonansi magnet inti (NMR), spektroskopi massa, dan infra merah. Teknik kromatografi yang banyak digunakan untuk analisis sidik jari meliputi kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi lapis tipis kinerja tinggi (KLT-KT), kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), dan kromatografi gas (GC). Deteksi dengan lampu UV dalam pembuatan profil fitokimia dengan teknik KLT dan HPTLC, detektor larik dioda (PDA) dan spektroskopi massa (MS) digunakan bersama dengan teknik HPLC maupun GC. Sementara itu, teknik tandem yang digunakan meliputi gabungan kromatografi cair, kromatografi gas, maupun elektroforesis kapiler yang ditandem dengan spektroskopi massa.

### D. Daftar Pustaka

- [IUPAC] International Union of Pure and Applied Chemistry. 2008. Mosihuzzaman M, Choudhary MI. Protocols on safety, efficacy, standardization, and documentation of herbal medicine. *Pure and Applied Chemistry* 80(10): 2195-2230.
- [WHO] World Health Organization. 2008. WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues. Geneva (CH): WHO
- Asakawa Y. 2004. Chemosystematics of the Hepaticae. *Phytochemistry* 65,623-669.
- Dayanandan S, Ashton PS, Williams SM and Primack RB. 1999. Phylogeny of the Tropical Tree Family Dipterocarpaceae

Based on Nucleotide Sequence of the Chloroplast *rbcl* Gene. *American Journal of Botany* 86 (6), 1182-1190.

- Diyasena MNC, Sotheeswaran S and Surendrakumar S. 1985. Balanocarpol, a New Polyphenol from *Balanocarpus zeylanicus* (trimer) and *Hopea jucunda* (Thw.) (Dipterocarpaceae). *J. Chem. Soc. Perkin Trans I*, 1807-1809.
- Govindaraghavan S, Sucher NJ. 2015. Quality assessment of medicinal herbs and their extracts: criteria and prerequisites for consistent safety and efficacy of herbal medicines. *Epilepsy and Behavior* 52: 363-371.
- Grayer GJ, Chase MW and Simmonds MSJ. 1999. A Comparison between Chemical and Molecular Characters for the Determination of Phylogenetic Relationships among Plant Families: An Appreciation of Hegnauer's "Chemotaxonomie der Pflanzen. *Biochemical Systematic and Ecology* 27, 369-393.
- Li S, Han Q, Qiao C, Song J, Cheng CL, Xu H. 2008. Chemical markers for the quality control of herbal medicines: an overview. *Chinese Medicine* 3(7): 1-16.
- Liscombe DK, Macleod BP, Loukanina N, Nandi OI and Facchini PJ. 2005. Evidence for Monophyletic Evolution of Benzyloisoquinoline Alkaloid Biosynthesis in Angiosperms, *Phytochemistry* 66, 1374-1393.
- Oshima Y, Ueno Y, Hikini H, and Yang L. 1990. Ampelopsins A, B, C, new stilbenes of *Ampelopsis brevipedunculata* var. *Hancei*, *Tetrahedron* 46 (15), 5121-5126.
- Sahidin, Hakim EH, Juliawaty LD, Syah YM, Din LB, Ghisalberty EL, Latip J, Said IM and Achmad SA. 2005. Cytotoxic Properties of Oligostilbenoids from the Tree Barks of *Hopea dryobalanoides*. *Z. Naturforsch. C* 60c, 718-723.
- Sotheeswaran S, and Pasupathy V. 1993. Distribution of Resveratrol Oligomers in Plants. *Phytochemistry* 32 (5), 1083-1092.
- Sotheeswaran S, Sultanbawa MUS, Surendrakumar S, Balasubramaniam S and Bladon P. 1983. Polyphenols from Dipterocarp Species Copalliferol A and Stemonoporol, *J. Chem. Soc.* 1,159-162.

- Sri Atun. 2004. *Fitokimia Beberapa Spesies Dipterocarpaceae Indonesia dari Genus Vatica, Anisotera, Hopea, dan Dipterocarpus*. Disertasi, ITB, Bandung.
- Tanaka T, Ito T, Ido Y, Nakaya K, Iinuma M and Chelladurai V. 2001. Hopeafuran and a C-glucosyl resveratrol isolated from stem wood of *Hopea utilis* Chem. Pharm. Bull, 49 (6), 785-787.
- Tanaka T, Ito T, Ido Y, Son TK, Nakaya K, Iinuma M, Ohyama M and Chelladurai V. 2000\*. Stilbenoids in Stem Bark of *Hopea parviflora*. *Phytochemistry* 53, 1009-1014.
- Tanaka T, Ito T, Nakaya K, Iinuma M, Takahashi Y, Naganawa H, Matsuura N, and Ubukata M. 2000b. Vaticonol D, a novel resveratrol heksamer isolated from *Vatica rassak*, *Tetrahedron Letters*, 41,7929-7923.
- Weber JF, Wahab IA, Marzuki A, Thomas NF, Kadir AA, Hadi AHA, Awang K, Latif AA, Richomme P and Delaunay J. 2001. Heimiol A, a New Dimeric Stilbenoid from *Noebalanocarpus heimii*. *Tetrahedron Letter* 42, 4895-4897.
- Wink M. 2010. Biochemistry, physiology and ecological functions of secondary metabolites. In Michael Wink (Editor). *Biochemistry of Plant Secondary Metabolism*. Second Edition. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Zhang J, Wider B, Shang H, Li X, Ernst E. 2012. Quality of herbal medicines: challenges and solutions. *Complementary Therapies in Medicine* 20: 100-106. doi:10.1016/j.ctim.2011.09.004.



## TENTANG PENULIS



### **apt. Hurria, S.Farm., M.Sc.**

Penulis lahir hari Kamis jam 09.00 WITA di Kota Palopo Sulawesi Selatan pada tanggal 05 Januari 1989. Lulus di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta mengambil program *double degree* pada tahun 2013 untuk pendidikan apoteker dan 2015 untuk Magister Farmasi Klinik. Merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dari pasangan Muh. Attas dan Hj. Samsidar. Saat ini tercatat sebagai dosen di Universitas Muhammadiyah Palopo. Selain itu sebagai reviewer untuk jurnal Ad Dawaa Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar Jurusan Farmasi, dan auditor internal Universitas Muhammadiyah Palopo. Pada tahun 2020 mendapat hibah penelitian yang didanai Ristekdikti dalam skema Penelitian Dosen Pemula. Buku ini merupakan karya kedua dimana ditulis dalam keadaan hamil anak kedua. Sehingga besar harapan penulis akan lahir karya-karya berikutnya yang dapat bermanfaat untuk masyarakat luas, aamiin.



### **apt. Novena Adi Yuhara, M.Pharm.Sci.**

Penulis lahir di Surabaya, pada 16 Oktober 1993. Ia tercatat sebagai Lulusan Terbaik Program Studi Ilmu Farmasi (Juli 2019) Magister Farmasi UGM. Saat ini bekerja sebagai dosen di Program Studi S1 Farmasi Universitas Kristen Immanuel, aktif berpraktek sebagai apoteker dan pengurus dalam organisasi IAI PC Kota Yogyakarta (2022-2026).



**apt. Nurshalati Tahar, S.Farm., M.Si.**

Penulis lahir di Limbung, pada 22 Maret 1989. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Setia Budi Surakarta. Wanita yang kerap disapa Mayang ini adalah anak dari pasangan Taharuddin (ayah) dan Hajar (ibu). **Nurshalati Tahar** merupakan salah satu dosen di UIN Alauddin Makassar. Selain menulis buku, ia juga aktif dalam penelitian, publikasi jurnal ilmiah, pengabdian kepada masyarakat serta aktif dalam kegiatan Sistem Penjaminan Mutu (SPMI).



**Okto Riristina Gultom, S.Si., M.Si.**

Penulis lahir di Tangerang, pada 24 Oktober 1986. Ia tercatat sebagai lulusan S1 Kimia di Universitas Pendidikan Indonesia dan S2 Ilmu Kimia di Universitas Indonesia. Saat ini penulis bekerja sebagai dosen di Poltekkes Kemenkes Palangka Raya dengan konsentrasi penelitian berbasis kimia organik bahan alam.



**apt. Muhammad Taufiq Duppa, S.Si., M.Si.**

Pennulis lahir di Pinrang, pada 3 Januari 1986. Ia tercatat sebagai lulusan universitas Hasanuddin Makassar. laki-laki yang kerap disapa Taufiq atau Chilonk ini adalah anak dari pasangan Duppa Djafar (ayah) dan Johrah Tjandang (ibu). Menyelesaikan pendidikan strata satu di universitas pancasakti makassar pada tahun 2007. Menyelesaikan profesi apoteker di Universitas islam indonesia di Jogjakarta pada tahun 2008. Dan menyelesaikan magister di universitas Hasanuddin Makassar. Dan sekarang bekerja sebagai dosen di universitas Muhammadiyah Makassar.



**Nur Insani Amir, S.Si., M.Si.**

Penulis lahir di Ujung Pandang, pada 27 Juni 1995. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar (S1) dan Universitas Padjadjaran (S2). Wanita yang kerap disapa Mirsa ini adalah anak dari pasangan Muhammad Amir (ayah) dan Hj. Syamsiah (ibu). Saat ini aktif sebagai tenaga pengajar di prodi S1 Bioinformatika Universitas Megarezky Makassar.



**Femmy Andrifanie, S.Farm., M.Farm.**

Penulis adalah individu yang lahir di Palembang pada tanggal 22 September 1990. Kedalaman akar budayanya terpancar dari darah Minangkabau yang otentik yang mengalir dalam dirinya melalui kedua orangtuanya. Femmy menunjukkan komitmen dan ketekunan yang luar biasa dalam mengejar pendidikan di bidang farmasi. Pada tahun 2015, ia berhasil meraih gelar Sarjana (S1) dari Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFAR) RIAU, yang merupakan tonggak awal dalam perjalanan pendidikannya. Namun, semangatnya untuk terus belajar tidak pernah surut. Ia melanjutkan pendidikan ke tingkat magister dengan mengambil studi di Universitas Setia Budi Surakarta, Fakultas Farmasi, dengan fokus pada bidang bahan alam, sejak tahun 2016. Ini adalah bukti nyata dari dedikasinya dalam mengembangkan pengetahuan dan keterampilan di bidang farmasi, serta tekadnya untuk mengukir prestasi lebih tinggi. Puncak prestasinya datang pada tahun 2022 ketika Femmy, dengan sapaan akrabnya, diangkat menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) dan mendapatkan posisi sebagai dosen di Fakultas Kedokteran, Program Studi Farmasi, Universitas Lampung. Pencapaiannya ini bukan hanya sebuah pencapaian pribadi, tetapi juga mencerminkan kontribusinya yang luar biasa dalam dunia pendidikan dan ilmu farmasi. Ia telah memberikan

pengaruh yang positif dalam pengembangan ilmu farmasi di lingkungan akademik, dan semangatnya dalam membantu generasi muda untuk tumbuh dan berkembang dalam bidang ini patut diapresiasi.



**Athaillah, S.Si., M.Sc.**

Penulis lahir di Pidie Jaya, pada 04 Mei 1988. Lulusan dari prodi Kimia Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, kemudian melanjutkan pendidikan di bidang Kimia Universitas Gadjah Mada. Sekarang menjadi tenaga pengajar di Universitas Haji Sumatera Utara, aktif sebagai editor jurnal kampus dan bagian tim di Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) kampus.



**apt. Yuri Pratiwi Utami, S.Farm., M.Si.**

Penulis lahir di Ujungpandang, pada 7 Oktober 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Muslim Indonesia (S1 Farmasi). Universitas Hasanuddin (Profesi Apoteker & S2 Farmasi). Wanita yang kerap disapa Yuri ini adalah anak dari pasangan Dr. Ir. Muh Usman Asri, M.Si. (ayah) dan Nuraeni (ibu). **Yuri Pratiwi Utami** seorang akademisi/ dosen di bidang Biologi Farmasi Program Studi Sarjana Farmasi di Universitas Almarisah Madani.



**apt. Fitriani Fajri Ahmad, S.Farm., M.Si.**

lahir di Ujung Pandang (sekarang Makassar) pada 6 Mei 1990. Telah menyelesaikan studi S1-nya di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar pada tahun 2012 dan melanjutkan profesi apotekernya di Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta tahun 2014. Ia tercatat sebagai lulusan S2 Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2020.

Penulis memiliki pengalaman kerja dari tahun 2014 sebagai apoteker di salah satu apotek di Makassar dan juga sebagai guru SMK Farmasi di Gowa. Pada tahun 2019 hingga sekarang, dia mengabdikan diri kembali ke almamater sekolahnya yaitu SMK Farmasi Yamasi di Makassar. Saat ini, dia sudah menjadi dosen tetap Prodi S2 Farmasi di Universitas Megarezky Makassar.



**apt. Khairuddin, S.Si., M.Si.**

Penulis lahir di Maros, pada 10 Januari 1988. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Hasanuddin (S1, S2, dan Apoteker). Tercatat sebagai dosen bidang Biologi Farmasi di Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Makassar dan telah menerbitkan beberapa Artikel penelitian pada Jurnal Nasional dan Internasional. Saat ini tengah menempuh pendidikan S3 di Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin.



**Andi Nafisah Tendri Adjeng, S.Farm., M.Sc.**

(Lahir di Kendari 23 Februari 1989) yang dalam kesehariannya akrab dipanggil dengan sebutan Nafisah atau Andi adalah salah salah dosen muda di Universitas Lampung. Ketertarikan akan dunia farmasi mendorongnya untuk melanjutkan jenjang pendidikan di Program Studi Sarjana Farmasi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar (UIN ALAUDDIN MAKASSAR) tahun 2007-2011. Pada tahun 2012, antusiasme dan kecintaan tentang Farmasi Sains khususnya dibidang Teknologi Formulasi Sediaan Farmasi (*Pharmaceutical Science*) memotivasi Ibu Nafisah untuk kembali memperdalam di tingkat Magister pada Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada (FF-UGM). *Magister Science (M.Sc)* berhasil diraih pada tahun 2014 sekaligus menjadi tonggak awal keberadaanya dalam dunia akademisi tingkat universitas tepatnya di Universitas Halu Oleo. Selama berkiprah menjadi dosen, Ibu Nafisah sangat tertarik publikasi bersama beberapa

dosen senior di Fakultas Farmasi Universitas Halu Oleo baik tingkat nasional (*SINTA-indexed*) maupun tingkat internasional (*SCOPUS-indexed*). Nafisah berhasil memperjelas eksistensinya sebagai seorang dosen universitas negeri yaitu terangkat menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Fakultas Seluruh rangkaian narasi dalam menapaki jenjang karir yang masih terbilang sangat awal dan masih butuh banyak belajar, membuat Ibu Nafisah menghayati dan menyadari bahwa “Ilmu diperoleh dengan peluh bukan dengan keluh”. Ibu Nafisah sangat menikmati diskusi, sharing, dan kolaborasi di bidang *Pharmaceutical Science* baik *offline* dan *online* ([andi.nafisah@fk.unila.ac.id](mailto:andi.nafisah@fk.unila.ac.id)).



**Prof. Subehan, M.Pharm.Sc., Ph.D**

Penulis lahir di Sengkang kab wajo, sul-sel pada 25 september 1975. Ia tercatat sebagai lulusan Universitas Hasanuddin pada jenjang S1 dan Apoteker dan melanjutkan S2 dan S3 di Universitas Toyama, Jepang. Pria yang kerap disapa Sube ini banyak melakukan penelitian di bidang bahan alam dan isolasi tanaman yang memiliki metabolit sekunder serta menelusuri aktivitasnya, serta melakukan elusidasi struktur. **Prof. Subehan, M.Pharm. Sc., Ph.D** bukanlah orang baru di dunia Literasi Ilmiah. Ia kerap menuliskan publikasi ditingkat Internasional dengan H indeks yang tinggi.



**Atep Dian Supardan, S.Si., M.Si.**

Penulis merupakan anak ke lima dari tujuh bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 3 Januari 1981, di Pangalengan Kabupaten Bandung Jawa Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana (2004) dan master (2013) Kimianya di jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor. Penulis bekerja sebagai dosen di program studi Analisis Kimia Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor dan saat ini mengampu beberapa mata kuliah antara lain

Spektroskopi, Kromatografi, elektroanalitik, identifikasi spektrum senyawa organik, pengoperasian dan pemeliharaan alat, kimia koloid dan permukaan, dan etika profesi analis kimia. Penulis juga terlibat aktif sebagai konselor bagi mahasiswa di Sekolah Vokasi IPB dan tergabung dalam Asosiasi Profesional konselor Indonesia, yang secara aktif menggunakan grafologi dan hipnoterapi untuk membantu mahasiswa yang memerlukan bantuan.