

PENGANTAR KIMIA ORGANIK DAN HAYATI

**Bambang Suhartawan
Muharram
Hendri Satria Kamal Uyun
Wiwit Sepvianti
Budi Rianto Wahidi
Yoga Priastomo**



GET PRESS INDONESIA

PENGANTAR KIMIA ORGANIK DAN HAYATI

Penulis :

Bambang Suhartawan
Muharram
Hendri Satria Kamal Uyun
Wiwit Sepvianti
Budi Rianto Wahidi
Yoga Priastomo

ISBN :

Editor : Mila Sari., S.ST, M.Si

Penyunting : Tri Putri Wahyuni., S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Oktober 2024

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah Swt dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad Saw. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pengantar Kimia Organik Dan Hayati ini.

Buku Ini Membahas Pengenalan Kimia Organik Dan Hayati, Nomenklatur Senyawa Organik, Asam Dan Basa Dalam Kimia Organik, Pengenalan Gugus Fungsional, Biokimia Dan Biologi Molekuler Dasar, Aplikasi Kimia Organik Dan Hayati Dalam Kesehatan Dan Obat-obatan.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Oktober 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
BAB 1 PENGENALAN KIMIA ORGANIK DAN HAYATI..	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Pengertian Kimia Organik	1
1.3 Pengertian Kimia Hayati	10
DAFTAR PUSTAKA.....	21
BAB 2 NOMENKLATUR SENYAWA ORGANIK	23
2.1 Pendahuluan	23
2.3 Nomenklatur Senyawa Hidrokarbon Jenuh.....	25
2.4 Nomenklatur Senyawa Hidrokarbon Tak Jenuh (Alkena dan Alkuna)	30
2.5 Sistem Penamaan Senyawa Alkohol	32
2.6 Penamaan Senyawa Eter dan Tioeter	34
2.7 Tatanama Senyawa Amina	36
2.8 Penamaan Senyawa Aldehida	37
2.9 Tatanama Senyawa Keton	39
2.10 Tatanama Senyawa Asam Karboksilat dan Turunannya.....	40
2.10.1 Tata Nama Asam Karboksilat	40
2.10.2 Tata nama Ester	42
2.10.3 Tata Nama Amida.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45
BAB 3 ASAM BASA DALAM KIMIA ORGANIK.....	47
3.1 Pendahuluan	47
3.1.1 Asam Basa.....	47
3.1.2 Teori asam basa Arrhenius	48
3.1.4 Teori Asam Basa Lewis.....	51
3.2 Sifat-sifat asam basa gugus fungsional organik	51
3.3 Efek substituen terhadap keasaman dan kebasaan..	52
3.4 Asam Karboksilat	55
DAFTAR PUSTAKA.....	61
BAB 4 PENGENALAN GUGUS FUNGSIONAL	63
4.1 Alkena.....	63

4.1.1 Tatanama Alkena	63
4.1.2 Sifat Alkena.....	65
4.1.3 Aplikasi Alkena dalam Kehidupan	66
4.2 Alkuna.....	66
4.2.1 Tatanama Alkuna	66
4.2.2 Sifat Alkuna	68
4.2.3 Aplikasi Alkuna dalam Kehidupan	69
4.3 Haloalkana	69
4.3.1 Tatanama Haloalkana.....	69
4.3.2 Sifat Haloalkana.....	71
4.3.3 Aplikasi Haloalkana dalam Kehidupan.....	71
4.4 Alkohol	71
4.4.1 Tatanama Alkohol.....	72
4.4.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkohol.....	73
4.4.3 Jenis-Jenis Alkohol.....	74
4.4.4 Sifat Alkohol	74
4.4.5 Aplikasi Alkohol dalam Kehidupan.....	75
4.5 Eter	75
4.5.1 Tatanama Eter.....	75
4.5.2 Tatanama Trivial (nama dagang) : Alkil Alkil Eter	76
4.5.3 Sifat Eter	76
4.5.4 Aplikasi Eter dalam Kehidupan.....	77
4.6 Aldehid	77
4.6.1 Tatanama Aldehid.....	77
4.6.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Aldehid.....	78
4.6.3 Sifat Aldehid	78
4.6.4 Aplikasi Aldehid dalam Kehidupan.....	79
4.7 Keton.....	79
4.7.1 Tatanama Keton	79
4.7.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkil Keton	80
4.7.3 Sifat Keton.....	80
4.7.4 Aplikasi Keton dalam Kehidupan	81
4.8 Asam Karboksilat	81
4.8.1 Tatanama Asam karboksilat.....	81
4.8.2 Tatanama Trivial (nama dagang)	82

4.8.3 Sifat Asam karboksilat	83
4.8.4 Aplikasi Asam karboksilat dalam Kehidupan	83
4.9 Ester	83
4.9.1 Tatanama Ester.....	83
4.9.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkanoat	84
4.9.3 Sifat Ester	85
4.9.4 Aplikasi Ester dalam Kehidupan.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86
BAB 5 BOKIMIA DAN BIOLOGI MOLEKULER	
DASAR	89
5.1 Pendahuluan	89
5.2 Biomolekul: Struktur dan Fungsi.....	90
5.2.1 Karbohidrat: Sumber Energi Utama Sel.....	90
5.2.2 Lipid: Molekul Beragam Fungsi.....	92
5.2.3 Protein: Unit Pembangun Protein	94
5.2.4 Asam Nukleat:	95
5.3 Biologi Molekul	97
5.3.1 Isolasi DNA	97
5.3.2 <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR).....	99
5.3.3 Elektroforesis Gel.....	101
5.3.4 Kloning.....	102
5.4 Aplikasi Biologi Molekul	102
DAFTAR PUSTAKA.....	104
BAB 6 APLIKASI KIMIA ORGANIK DAN HAYATI	
DALAM KESEHATAN DAN OBAT-OBATAN.....	109
6.1 Pendahuluan	109
6.2 Antikanker	110
6.3 Antimikroba	113
6.4 Antimalaria.....	115
6.5 Antihiperpigmentasi	117
DAFTAR PUSTAKA.....	121
BIDATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Reaksi Diasosiasi asam sumber.....	54
Tabel 3.2. Tabel Tatanama Asam karboksilat.....	57
Tabel 3.3. Pka Amina	59
Tabel 2.1. Jenis-jenis Gugus Fungsi Senyawa Organik ...	24
Tabel 2.2. Rumus molekul dan nama dasar alkana	25
Tabel 4.1. Nama rantai utama Alkena (C_nH_{2n})	64
Tabel 4.2. Nama cabang Alkil ($-R/ C_nH_{2n+1}$)	64
Tabel 4.3. Nama rantai utama Alkuna (C_nH_{2n-2}).....	67
Tabel 4.4. Nama rantai utama Alkana (C_nH_{2n+2})	70
Tabel 4.5. Nama Halogen	70
Tabel 4.6. Nama rantai utama Alkohol ($C_nH_{2n+2} O (R-OH)$)	72
Tabel 4.7. Nama rantai utama Aldehid (IUPAC)	78
Tabel 4.8. Nama rantai utama Aldehid (TRIVIAL)	78
Tabel 4.9. Nama rantai utama Keton (IUPAC).....	80
Tabel 4.10. Nama rantai utama Asam Alkanoat (IUPAC)	82
Tabel 4.11. Nama rantai utama Asam Karboksilat (TRIVIAL)	82
Tabel 4.12. Nama rantai utama Ester (IUPAC).....	84
Tabel 4.13. Nama rantai utama Ester (TRIVIAL)	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry	49
Gambar 3.2. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry 49	
Gambar 3.3. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry	50
Gambar 3.4. Efek substituen penarik terhadap keasaman.....	52
Gambar 3.5. Efek elektronegatif terhadap keasaman	53
Gambar 3.6. Efek jarak antara substituen terhadap keasaman	53
Gambar 3.7. Pka dari berbagai asam basa	55
Gambar 3.8. Asam Format.....	57
Gambar 3.9. Asam-2-etil-3-metilbutanoat.....	57
Gambar 3.10. Contoh Senyawa amina yang memiliki aktivitas biologi.....	59
Gambar 5.1. Struktur Monosakarida.....	91
Gambar 5.2. Struktur Disakarida.....	91
Gambar 5.3. Struktur Polisakarida	92
Gambar 5.4. Asam Lemah Tak Jenuh dan Asam Lemak Jenuh.....	93
Gambar 5.5. Trigliserida	93
Gambar 5.6. Struktur Fosfolipid	94
Gambar 5.7. Struktur Steroid.....	94
Gambar 6.1. Struktur Molekul Sutinib/obat antikanker komersil	112
Gambar 6.2. Struktur Molekul Remdesivir	114
Gambar 6.3. Struktur Molekul 4-Metilaminokuinolin....	116
Gambar 6.4. Struktur Molekul Tafenokuin Suksinat	117
Gambar 6.5. Struktur Molekul Salah Satu Turunan Kaliks[4]pirogallolarena.....	119

BAB 1

Pengenalan Kimia Organik dan Hayati

Oleh Bambang Suhartawan

1.1 Pendahuluan

Kimia organik dan kimia hayati adalah dua cabang utama dalam ilmu kimia yang saling terkait namun memiliki fokus yang sedikit berbeda; Kimia organik mempelajari struktur, sifat, reaksi, dan sintesis senyawa-senyawa karbon. Ini mencakup senyawa-senyawa yang ditemukan di alam maupun yang disintesis secara laboratorium. Kimia organik mencakup berbagai aspek, mulai dari senyawa sederhana seperti metana hingga senyawa kompleks seperti polimer, obat-obatan, dan bahan kimia yang digunakan dalam industri. Sedangkan Kimia hayati, juga dikenal sebagai kimia biologis, adalah cabang ilmu kimia yang berkaitan dengan studi senyawa kimia yang terjadi dalam sistem biologis. Ini melibatkan pemahaman tentang struktur, fungsi, dan interaksi molekuler dalam organisme hidup. Kimia hayati mencakup bidang-bidang seperti biokimia, farmakologi, bioteknologi, dan biologi molekuler.

Sementara kimia organik fokus pada senyawa karbon, baik yang terjadi di alam maupun yang disintesis di laboratorium, kimia hayati lebih menekankan pada pemahaman kimia yang terjadi di tingkat molekuler dalam konteks organisme hidup dan proses biologisnya. Meskipun memiliki perbedaan fokus, kedua cabang ini sering kali saling melengkapi dan terintegrasi dalam penelitian dan aplikasi di bidang-bidang seperti obat-obatan, bioteknologi, dan ilmu kehidupan lainnya.

1.2 Pengertian Kimia Organik

Kimia organik adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari struktur, sifat, reaksi, dan sintesis senyawa-senyawa yang mengandung unsur karbon. Sebagai salah satu

cabang utama dalam kimia, kimia organik memiliki banyak bidang dan subbidang yang terkait. Berikut adalah beberapa uraian tentang kimia organik:

1. Struktur Senyawa Organik

Kimia organik mempelajari struktur molekuler senyawa organik. Ini termasuk pengenalan ikatan kimia yang ada dalam molekul, seperti ikatan tunggal, ikatan ganda, dan ikatan rangkap tiga, serta pengaruhnya terhadap sifat-sifat senyawa.

Berikut ini adalah uraian detail tentang struktur senyawa organik dan konsep-konsep terkait:

a. Ikatan Kimia:

1) Ikatan Tunggal: Ikatan tunggal terjadi ketika dua atom karbon berbagi satu pasangan elektron. Ini adalah ikatan paling umum dalam senyawa organik. Contohnya adalah ikatan C-C dalam etana (CH_3CH_3).

2) Ikatan Ganda: Ikatan ganda terjadi ketika dua atom karbon berbagi dua pasangan elektron. Ini terjadi dalam senyawa organik seperti etena (C_2H_4), di mana terdapat ikatan rangkap dua antara dua atom karbon.

3) Ikatan Rangkap Tiga: Ikatan rangkap tiga terjadi ketika dua atom karbon berbagi tiga pasangan elektron. Ini terdapat dalam senyawa organik seperti etin (C_2H_2).

b. Hibridisasi:

Hibridisasi atom karbon adalah konsep yang penting dalam memahami struktur senyawa organik. Atom karbon dapat mengalami hibridisasi sp , sp^2 , atau sp^3 , tergantung pada jumlah dan jenis ikatan yang dibentuknya. Hibridisasi ini mempengaruhi geometri molekul dan sifat-sifat senyawa organik.

c. Isomerisme:

Isomerisme adalah fenomena di mana dua atau lebih senyawa memiliki rumus molekul yang sama tetapi struktur molekuler yang berbeda. Ada dua jenis isomerisme utama: isomerisme struktur (atau isomerisme konstitusional) dan isomerisme stereokimia.

d. Fungsionalitas:

Berbagai fungsionalitas atau gugus fungsi dapat terdapat dalam senyawa organik. Ini adalah kelompok atom yang memberikan sifat-sifat khas pada molekul. Contoh gugus fungsi meliputi hidroksil (-OH), karboksil (-COOH), amina (-NH₂), dan aldehida (-CHO).

e. Keterkaitan Struktur dan Sifat:

Struktur molekuler memiliki dampak langsung pada sifat-sifat senyawa organik, seperti titik didih, titik leleh, kelarutan, dan reaktivitas kimia. Misalnya, senyawa dengan ikatan ganda cenderung memiliki titik didih yang lebih rendah daripada senyawa dengan ikatan tunggal, karena ikatan ganda lebih mudah untuk diputus.

f. Konformasi dan Konfigurasi:

Konformasi mengacu pada posisi relatif atom-atom dalam molekul organik yang dapat berubah tanpa memutus ikatan kimia. Konfigurasi, di sisi lain, merujuk pada konfigurasi spasial yang khusus dari molekul dan biasanya tidak dapat diubah tanpa memutus ikatan kimia. Konfigurasi dapat bersifat absolut (R/S) atau relatif (cis/trans).

Pemahaman tentang struktur senyawa organik sangat penting dalam kimia organik karena membantu dalam memprediksi perilaku kimia senyawa, merancang sintesis senyawa baru, dan memahami hubungan struktur-sifat.

2. Reaksi Organik

Kimia organik menganalisis berbagai reaksi kimia yang melibatkan senyawa organik. Ini mencakup reaksi-reaksi seperti substitusi, eliminasi, adisi, oksidasi, dan reduksi. Pemahaman tentang reaksi organik penting untuk sintesis senyawa baru serta memahami berbagai proses biologis dan industri.

Berikut adalah uraian detail tentang beberapa jenis reaksi organik yang penting dalam kimia organik:

a. Substitusi: Reaksi substitusi terjadi ketika satu atau lebih atom atau gugus fungsi digantikan oleh atom atau gugus fungsi lain dalam suatu molekul. Contoh reaksi substitusi

adalah reaksi substitusi nukleofilik, seperti reaksi substitusi nukleofilik pada alkil halida.

- b. Eliminasi:** Reaksi eliminasi melibatkan penghilangan dua atom atau gugus fungsi dari molekul organik, seringkali dengan pembentukan ikatan rangkap baru. Contoh reaksi eliminasi adalah reaksi dehidrasi, di mana air dilepaskan dari senyawa organik untuk membentuk ikatan rangkap ganda.
- c. Adisi:** Reaksi adisi terjadi ketika dua molekul bergabung untuk membentuk satu molekul yang lebih besar. Contoh reaksi adisi adalah reaksi adisi hidrogen pada alkena, di mana atom hidrogen menambahkan diri pada ikatan rangkap ganda.
- d. Oksidasi:** Reaksi oksidasi melibatkan penambahan oksigen atau penghilangan atom hidrogen dari suatu molekul. Dalam konteks kimia organik, oksidasi seringkali menghasilkan peningkatan derajat oksidasi atom karbon dalam molekul organik. Contoh reaksi oksidasi adalah oksidasi alkohol menjadi aldehida atau asam karboksilat.
- e. Reduksi:** Reaksi reduksi melibatkan penambahan atom hidrogen atau penghilangan atom oksigen dari suatu molekul. Reaksi reduksi seringkali menghasilkan penurunan derajat oksidasi atom karbon dalam molekul organik. Contoh reaksi reduksi adalah reduksi aldehida menjadi alkohol, di mana atom hidrogen ditambahkan ke gugus karbonil.

Pemahaman tentang reaksi organik sangat penting dalam kimia organik karena memungkinkan sintesis senyawa baru dengan memanfaatkan berbagai jalur reaksi yang tersedia. Selain itu, pemahaman tentang reaksi organik juga penting dalam memahami berbagai proses biologis dan industri, seperti metabolisme, pembuatan obat-obatan, dan produksi bahan kimia industri.

3. Sintesis Organik

Salah satu aspek penting dalam kimia organik adalah sintesis senyawa organik. Ini melibatkan pembuatan senyawa organik dari senyawa-senyawa yang lebih sederhana melalui

serangkaian reaksi kimia. Sintesis organik memiliki peran penting dalam industri farmasi, industri bahan kimia, dan banyak aplikasi teknologi lainnya.

Sintesis organik adalah proses pembuatan senyawa organik kompleks dari senyawa-senyawa yang lebih sederhana melalui serangkaian reaksi kimia. Ini merupakan aspek penting dalam kimia organik dan memiliki peran yang sangat signifikan dalam berbagai industri, termasuk industri farmasi, industri bahan kimia, dan berbagai aplikasi teknologi lainnya. Berikut adalah uraian detail tentang sintesis organik:

- a. Perencanaan Sintesis:** Tahap awal dalam sintesis organik adalah perencanaan reaksi. Ini melibatkan pemilihan senyawa awal atau bahan awal (precursors) yang sesuai dan pemilihan jalur reaksi yang tepat untuk mencapai target molekul. Perencanaan ini didasarkan pada pengetahuan tentang reaktivitas dan selektivitas berbagai reagen dan reaksi.
- b. Seleksi Reagen dan Kondisi Reaksi:** Setelah perencanaan, langkah selanjutnya adalah memilih reagen yang sesuai dan kondisi reaksi yang optimal untuk mencapai hasil yang diinginkan. Hal ini melibatkan pertimbangan terhadap kelarutan, kestabilan, reaktivitas, dan selektivitas reagen serta kondisi reaksi seperti suhu, tekanan, pelarut, dan katalisator.
- c. Pelaksanaan Reaksi:** Setelah reagen dan kondisi reaksi dipilih, reaksi kimia dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang direncanakan. Ini melibatkan penambahan reagen ke dalam larutan reaksi, kontrol suhu dan waktu reaksi, pemantauan kemajuan reaksi, dan isolasi produk antara langkah reaksi.
- d. Pemurnian dan Karakterisasi:** Produk sintesis organik seringkali harus dimurnikan dari campuran reaksi dan produk samping untuk mendapatkan produk yang murni. Pemurnian dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti distilasi, kromatografi, kristalisasi, dan filtrasi. Setelah pemurnian, produk sintesis organik harus dikarakterisasi secara struktural menggunakan teknik

analisis seperti spektroskopi (NMR, IR, MS), kromatografi (GC, HPLC), dan analisis kristal X-ray.

- e. **Optimasi Proses:** Selama atau setelah proses sintesis, seringkali perlu dilakukan optimasi proses untuk meningkatkan hasil atau efisiensi sintesis. Ini melibatkan modifikasi reagen, kondisi reaksi, atau langkah-langkah sintesis untuk mengatasi masalah seperti rendemen rendah, selektivitas yang buruk, atau masalah keamanan atau lingkungan.
- f. **Aplikasi dalam Industri:** Sintesis organik memiliki banyak aplikasi dalam berbagai industri. Dalam industri farmasi, sintesis organik digunakan untuk membuat obat-obatan baru. Dalam industri bahan kimia, sintesis organik digunakan untuk membuat bahan kimia industri seperti plastik, pelarut, dan bahan kimia khusus. Selain itu, sintesis organik juga digunakan dalam pembuatan bahan kimia pertanian, bahan kimia kosmetik, bahan kimia makanan, dan banyak lagi.

Sintesis organik memainkan peran yang sangat penting dalam kemajuan ilmu kimia dan berbagai aplikasi teknologi. Dengan memahami prinsip-prinsip sintesis organik, para ilmuwan dapat merancang dan mensintesis berbagai senyawa organik yang memiliki nilai penting dalam berbagai bidang kehidupan.

4. Analisis Senyawa Organik

Kimia organik juga mencakup teknik analisis untuk mengidentifikasi dan mengukur senyawa organik. Ini termasuk teknik spektroskopi seperti spektroskopi massa, spektroskopi inframerah, dan spektroskopi nuklir resonansi magnetik (NMR), serta teknik kromatografi seperti kromatografi gas dan kromatografi cair.

Analisis senyawa organik merupakan salah satu aspek penting dalam kimia organik yang melibatkan penggunaan berbagai teknik analisis untuk mengidentifikasi, mengukur, dan memahami sifat-sifat senyawa organik. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa teknik analisis yang umum digunakan dalam kimia organik:

- a. **Spektroskopi Massa:** Spektroskopi massa adalah teknik analisis yang digunakan untuk menentukan massa molekul dan struktur molekuler suatu senyawa organik. Dalam teknik ini, senyawa organik diionisasi menjadi ion-ion dalam fase gas dan dianalisis berdasarkan perbandingan massa dan muatannya. Spektrometri massa sangat berguna dalam mengidentifikasi senyawa organik, menentukan struktur senyawa organik yang tidak diketahui, serta memantau komposisi senyawa campuran.
- b. **Spektroskopi Inframerah (IR):** Spektroskopi inframerah adalah teknik analisis yang memanfaatkan interaksi antara radiasi inframerah dan senyawa organik untuk mengidentifikasi ikatan kimia dan gugus fungsi yang hadir dalam senyawa tersebut. Setiap gugus fungsi dalam senyawa organik memiliki pola serapan yang khas dalam spektrum inframerah, yang memungkinkan identifikasi gugus fungsi yang ada dalam senyawa organik.
- c. **Spektroskopi Nuklir Resonansi Magnetik (NMR):** Spektroskopi NMR adalah teknik analisis yang menggunakan sifat resonansi magnetik inti atom-atom tertentu dalam senyawa organik untuk menentukan struktur molekul. Dalam teknik ini, senyawa organik ditempatkan dalam medan magnet yang kuat dan diberi radiofrekuensi tertentu untuk mengeksitasi inti atom. Resonansi yang dihasilkan memberikan informasi tentang lingkungan kimia inti atom dalam senyawa organik.
- d. **Kromatografi Gas (GC):** Kromatografi gas adalah teknik analisis yang digunakan untuk memisahkan dan mengukur konsentrasi senyawa-senyawa dalam campuran gas atau senyawa volatil. Dalam kromatografi gas, campuran senyawa dipisahkan berdasarkan perbedaan kecepatan migrasi mereka melalui kolom kromatografi yang diisi dengan fase statis yang selektif. Detektor yang digunakan, seperti detektor ionisasi nyala (FID) atau detektor massa (MS), menghasilkan sinyal yang direkam sebagai spektrum kromatogram.
- e. **Kromatografi Cair (HPLC):** Kromatografi cair adalah teknik analisis yang digunakan untuk memisahkan dan

mengukur konsentrasi senyawa-senyawa dalam campuran cair. Dalam kromatografi cair, campuran senyawa dipisahkan berdasarkan afinitas mereka terhadap fase gerak (cairan) dan fase diam (kolom kromatografi). Detektor yang digunakan, seperti detektor UV-vis atau detektor fluoresensi, digunakan untuk mendeteksi senyawa-senyawa yang terpisah.

Teknik-teknik analisis ini memberikan informasi yang berharga tentang identitas, struktur, dan sifat-sifat senyawa organik, serta memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang kimia organik dalam berbagai konteks, mulai dari sintesis senyawa baru hingga pemahaman tentang proses biologis dan industri.

5. Aplikasi di Berbagai Bidang

Kimia organik memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, termasuk farmasi, petrokimia, agrokimia, material, dan banyak lagi. Contohnya termasuk pengembangan obat-obatan baru, produksi bahan kimia industri, pengembangan material polimer, dan pengolahan bahan alam.

Kimia organik memiliki berbagai aplikasi yang luas dan penting di berbagai bidang kehidupan. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aplikasi kimia organik di berbagai bidang:

- a. **Farmasi:** Salah satu aplikasi utama kimia organik adalah dalam pengembangan dan produksi obat-obatan. Kimia organik digunakan untuk merancang, mensintesis, dan menguji efikasi obat-obatan baru untuk pengobatan berbagai penyakit, mulai dari penyakit infeksi hingga penyakit degeneratif seperti kanker dan penyakit jantung.
- b. **Petrokimia:** Industri petrokimia menggunakan kimia organik untuk memproses minyak bumi menjadi berbagai bahan kimia industri yang penting, seperti etilena, propilena, dan berbagai senyawa organik lainnya. Senyawa-senyawa ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan plastik, karet, serat sintetis, dan bahan kimia lainnya.

- c. **Agrokimia:** Kimia organik memiliki peran penting dalam agrokimia, yaitu aplikasi kimia dalam pertanian. Ini termasuk pengembangan pestisida, herbisida, dan pupuk kimia untuk meningkatkan hasil pertanian dan mengendalikan hama dan gulma tanaman.
- d. **Material:** Kimia organik digunakan dalam pengembangan berbagai material, termasuk polimer, keramik, logam organik, dan material komposit. Contohnya termasuk pengembangan polimer untuk pembuatan plastik, karet, dan serat sintetis, serta pengembangan material polimer untuk aplikasi medis dan teknologi.
- e. **Kimia Hijau:** Kimia organik juga memiliki peran penting dalam pengembangan teknologi kimia hijau, yaitu teknologi yang berorientasi pada pengurangan dampak lingkungan dari proses kimia. Ini melibatkan penggunaan reagen dan proses yang ramah lingkungan, pengurangan limbah, dan penggunaan bahan baku yang terbarukan.
- f. **Energi Terbarukan:** Kimia organik berkontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan, seperti pengembangan sel surya, baterai ion-litium, dan bahan bakar sel hidrogen. Kimia organik digunakan dalam sintesis material fotovoltai, elektrolit baterai, dan katalis untuk reaksi konversi energi.
- g. **Analisis Lingkungan:** Kimia organik digunakan dalam analisis lingkungan untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi senyawa organik dalam air, udara, dan tanah. Ini melibatkan penggunaan teknik analisis seperti kromatografi gas-massa (GC-MS) dan spektroskopi NMR untuk pemantauan polutan organik dan bahan kimia berbahaya lainnya.

Aplikasi kimia organik dalam berbagai bidang ini menunjukkan pentingnya disiplin ini dalam meningkatkan kualitas hidup, memajukan teknologi, dan menjaga lingkungan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang kimia organik, ilmuwan dapat mengembangkan solusi inovatif untuk berbagai tantangan dalam kehidupan sehari-hari.

Dalam keseluruhan, kimia organik adalah cabang ilmu yang luas dan penting dalam memahami dan memanfaatkan senyawa-senyawa organik dalam berbagai konteks, mulai dari proses biologis hingga aplikasi teknologi.

1.3 Pengertian Kimia Hayati

Kimia hayati, juga dikenal sebagai kimia biologis, adalah cabang ilmu kimia yang berkaitan dengan studi senyawa kimia yang terjadi dalam sistem biologis. Ini meliputi pemahaman tentang struktur, fungsi, dan interaksi molekuler dalam organisme hidup. Berikut adalah beberapa uraian tentang kimia hayati:

1. Biokimia

Biokimia adalah subdisiplin utama dari kimia hayati yang mempelajari struktur, fungsi, dan reaksi kimia dalam organisme hidup. Ini mencakup studi tentang biomolekul seperti protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat (DNA dan RNA), serta mekanisme reaksi di dalam sel dan organisme.

Biokimia adalah cabang ilmu kimia yang mempelajari struktur, fungsi, dan reaksi kimia dalam organisme hidup. Ini merupakan perpaduan antara kimia dan biologi yang bertujuan untuk memahami proses biokimia yang mendasari kehidupan, mulai dari tingkat molekuler hingga tingkat seluler. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aspek penting dari biokimia:

a. Biomolekul: Biokimia mempelajari berbagai jenis biomolekul yang ada dalam organisme hidup, termasuk protein, karbohidrat, lipid, dan asam nukleat (DNA dan RNA). Biomolekul ini memiliki peran penting dalam berbagai fungsi biologis, seperti menyediakan energi, menyusun struktur sel, menyimpan informasi genetik, dan mengatur reaksi kimia dalam sel.

b. Struktur dan Fungsi Biomolekul: Biokimia mempelajari struktur tiga dimensi dari biomolekul dan bagaimana struktur tersebut memengaruhi fungsi biologisnya. Misalnya, struktur protein menentukan aktivitas

enzimnya, struktur DNA menentukan bagaimana informasi genetik disimpan dan ditransmisikan, dan struktur lipid memengaruhi sifat membran sel.

- c. **Reaksi Kimia dalam Sel:** Biokimia mempelajari berbagai mekanisme reaksi kimia yang terjadi dalam sel, termasuk metabolisme, transkripsi, translasi, dan regulasi genetik. Ini melibatkan pemahaman tentang jalur-jalur metabolik, interaksi antar protein dan molekul lainnya, serta regulasi aktivitas enzim dan ekspresi gen.
- d. **Pengaturan Homeostasis:** Biokimia mempelajari bagaimana organisme hidup mempertahankan homeostasis, yaitu keseimbangan internal yang diperlukan untuk kelangsungan hidup. Ini melibatkan pemahaman tentang regulasi berbagai proses biokimia, seperti regulasi kadar gula darah, suhu tubuh, dan keseimbangan ion dalam sel.
- e. **Interaksi dengan Lingkungan:** Biokimia juga mempelajari interaksi antara organisme hidup dan lingkungannya, termasuk respons terhadap stres, infeksi, dan perubahan lingkungan. Ini melibatkan pemahaman tentang bagaimana organisme mengenali sinyal eksternal, mengatur respons metabolik, dan beradaptasi dengan perubahan lingkungan.
- f. **Penerapan dalam Kesehatan dan Penyakit:** Pengetahuan biokimia digunakan dalam pemahaman penyakit dan pengembangan terapi baru. Ini mencakup pemahaman tentang dasar molekuler penyakit seperti kanker, diabetes, dan penyakit neurodegeneratif, serta pengembangan obat-obatan yang ditargetkan pada mekanisme biokimia spesifik.

Melalui pemahaman yang mendalam tentang struktur, fungsi, dan reaksi kimia dalam organisme hidup, biokimia membantu menjelaskan dasar-dasar kehidupan dan memiliki aplikasi penting dalam berbagai bidang, termasuk kedokteran, pertanian, industri makanan, dan ilmu kehidupan lainnya.

2. Metabolisme

Kimia hayati juga mempelajari metabolisme, yaitu serangkaian reaksi kimia yang terjadi di dalam sel untuk menghasilkan energi dan membangun serta menghancurkan molekul-molekul organik. Ini meliputi pemahaman tentang jalur-jalur metabolik seperti glikolisis, siklus asam sitrat, dan respirasi seluler.

Metabolisme merupakan serangkaian reaksi kimia kompleks yang terjadi di dalam sel untuk menghasilkan energi, membangun molekul organik, dan mengatur keseimbangan kimia dalam sel. Ini merupakan proses esensial bagi kelangsungan hidup organisme, baik itu mikroorganisme, tumbuhan, atau hewan. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aspek penting dari metabolisme:

- a. **Glikolisis:** Glikolisis adalah jalur metabolik yang terjadi di sitosol sel dan merupakan langkah awal dalam degradasi glukosa untuk menghasilkan energi. Dalam glikolisis, satu molekul glukosa diubah menjadi dua molekul piruvat melalui serangkaian reaksi, yang menghasilkan energi dalam bentuk ATP dan NADH.
- b. **Siklus Asam Sitrat (Siklus Krebs):** Siklus asam sitrat, juga dikenal sebagai siklus Krebs, terjadi di dalam mitokondria dan merupakan tempat penting untuk produksi energi. Dalam siklus ini, asam piruvat dari glikolisis diubah menjadi asetil-KoA dan kemudian dioksidasi menjadi CO_2 , menghasilkan energi dalam bentuk ATP, NADH, dan FADH_2 .
- c. **Fosforilasi Oksidatif:** Fosforilasi oksidatif adalah proses di mana energi yang dihasilkan dari degradasi glukosa dan asam lemak diubah menjadi ATP. Ini terjadi di dalam membran mitokondria melalui serangkaian reaksi yang melibatkan transfer elektron dari NADH dan FADH_2 ke oksigen, yang menghasilkan gradien elektrokimia yang digunakan untuk mensintesis ATP melalui enzim ATP sintase.
- d. **Respirasi Seluler:** Respirasi seluler adalah proses yang mencakup glikolisis, siklus asam sitrat, dan fosforilasi oksidatif untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP.

Ini merupakan cara utama di mana sel-sel memperoleh energi yang diperlukan untuk menjalankan berbagai fungsi biologisnya, seperti pertumbuhan, reproduksi, dan perbaikan jaringan.

- e. **Anabolisme:** Selain menghasilkan energi, metabolisme juga melibatkan proses anabolisme, yaitu pembentukan molekul organik kompleks dari molekul-molekul sederhana. Ini melibatkan serangkaian reaksi biosintetik yang menggunakan energi dari ATP dan molekul-molekul prekursor untuk membangun asam amino, lipid, karbohidrat, dan asam nukleat.
- f. **Regulasi Metabolisme:** Metabolisme diatur oleh berbagai faktor, termasuk hormon, enzim, dan ketersediaan nutrisi. Organisme mengatur aktivitas metabolisme untuk mempertahankan keseimbangan energi dan nutrisi dalam kondisi yang berubah-ubah, seperti saat puasa, latihan fisik, atau stres.

Pemahaman tentang metabolisme penting dalam biologi dan kesehatan karena metabolisme yang tidak normal dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti diabetes, penyakit jantung, dan obesitas. Selain itu, pemahaman tentang jalur-jalur metabolik juga penting dalam pengembangan obat-obatan dan teknologi bioteknologi untuk produksi bahan kimia dan biokatalis.

3. Biologi Molekuler

Kimia hayati mencakup bidang biologi molekuler, yang mempelajari struktur dan fungsi molekuler dari asam nukleat dan protein, serta interaksi mereka dalam pengkodean genetik, replikasi DNA, transkripsi, dan translasi.

Biologi molekuler adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari struktur, fungsi, dan interaksi molekuler dari asam nukleat dan protein, serta proses-proses fundamental yang terjadi di dalam sel. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aspek penting dari biologi molekuler:

- a. **Asam Nukleat:** Biologi molekuler mempelajari struktur dan fungsi dari asam nukleat, termasuk DNA (asam deoksiribonukleat) dan RNA (asam ribonukleat). DNA

menyimpan informasi genetik yang diperlukan untuk pengembangan, pertumbuhan, dan fungsi organisme. RNA, di sisi lain, berperan dalam pengkodean genetik, regulasi ekspresi gen, dan translasi informasi genetik menjadi protein.

- b. Struktur DNA dan RNA:** Biologi molekuler mempelajari struktur tiga dimensi dari DNA dan RNA, termasuk struktur heliks ganda DNA dan berbagai bentuk RNA seperti mRNA (RNA messenger), tRNA (RNA transfer), dan rRNA (RNA ribosomal). Struktur ini menentukan bagaimana asam nukleat berinteraksi dengan protein dan molekul lainnya dalam sel.
- c. Replikasi DNA:** Biologi molekuler mempelajari mekanisme replikasi DNA, yaitu proses penggandaan molekul DNA selama pembelahan sel. Replikasi DNA melibatkan pembukaan untai ganda DNA, sintesis untai baru yang komplementer terhadap untai asli, dan penyatuan dua untai baru menjadi molekul DNA lengkap.
- d. Transkripsi:** Transkripsi adalah proses di mana informasi genetik yang disandikan dalam DNA ditranskripsi menjadi molekul RNA. Ini melibatkan pembukaan untai DNA dan sintesis RNA komplementer yang berbasis pada cetakan DNA. RNA hasil transkripsi kemudian dapat digunakan untuk sintesis protein atau memainkan peran lain dalam regulasi genetik.
- e. Translasi:** Translasi adalah proses di mana informasi genetik dalam mRNA diubah menjadi urutan asam amino dalam protein. Ini melibatkan pembacaan kode genetik pada mRNA oleh ribosom, yang menggunakan tRNA untuk membawa asam amino ke ribosom dan membangun rantai polipeptida berdasarkan urutan mRNA.
- f. Regulasi Ekspresi Gen:** Biologi molekuler mempelajari mekanisme regulasi ekspresi gen, yaitu cara di mana sel mengatur tingkat transkripsi dan translasi gen tertentu. Ini melibatkan berbagai mekanisme seperti pengikatan faktor transkripsi, modifikasi kromatin, dan interaksi RNA dengan protein regulator.

Pemahaman tentang biologi molekuler merupakan dasar untuk memahami dasar-dasar kehidupan, termasuk bagaimana informasi genetik diwariskan, bagaimana organisme tumbuh dan berkembang, dan bagaimana penyakit dan gangguan biologis terjadi. Ilmu ini memiliki aplikasi luas dalam berbagai bidang, termasuk bioteknologi, kedokteran, pertanian, dan ilmu hayati lainnya.

4. Farmakologi

Kimia hayati berperan penting dalam farmakologi, yang mempelajari interaksi antara senyawa kimia (baik sintetis maupun alami) dengan sistem biologis untuk tujuan pengobatan. Ini termasuk pemahaman tentang mekanisme kerja obat, interaksi obat-obatan, dan pengembangan obat-obatan baru.

Farmakologi adalah cabang ilmu biologi dan kimia yang mempelajari interaksi antara senyawa kimia (baik sintetis maupun alami) dengan sistem biologis, termasuk organisme hidup, sel, dan reseptor biologis, untuk tujuan pengobatan dan perawatan kesehatan. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aspek penting dari farmakologi:

a. Mekanisme Kerja Obat: Farmakologi mempelajari mekanisme kerja obat, yaitu bagaimana senyawa kimia yang dikonsumsi mempengaruhi fungsi biologis dalam tubuh. Ini melibatkan pemahaman tentang interaksi obat dengan target biologis, seperti enzim, reseptor, atau jalur metabolik, dan dampaknya terhadap fungsi seluler dan fisiologis.

b. Interaksi Obat-obatan: Farmakologi mempelajari interaksi antara obat-obatan yang berbeda dan dampaknya terhadap efektivitas pengobatan dan risiko efek samping. Interaksi obat-obatan dapat terjadi saat dua atau lebih obat bereaksi satu sama lain, baik secara sinergis (meningkatkan efek) atau antagonis (mengurangi efek).

c. Farmakokinetika: Farmakologi mempelajari farmakokinetika, yaitu penyerapan, distribusi, metabolisme, dan eliminasi obat dalam tubuh. Ini

melibatkan pemahaman tentang bagaimana obat diserap oleh tubuh, didistribusikan ke dalam jaringan dan organ, diubah menjadi metabolit, dan diekskresikan dari tubuh.

- d. Farmakodinamika:** Farmakologi mempelajari farmakodinamika, yaitu efek biologis dari obat pada target spesifik dalam tubuh. Ini melibatkan pemahaman tentang mekanisme aksi obat, interaksi dengan reseptor biologis, aktivasi atau inhibisi jalur biokimia, dan respons fisiologis yang dihasilkan.
- e. Pengembangan Obat Baru:** Farmakologi berperan dalam pengembangan obat baru, mulai dari penelitian dasar tentang mekanisme aksi obat hingga uji klinis pada manusia. Ini melibatkan identifikasi target terapeutik, penemuan senyawa aktif, optimasi sifat farmakologis dan farmakokinetik, serta pengujian keamanan dan efektivitas melalui uji praklinis dan klinis.
- f. Toxicologi:** Farmakologi mempelajari toksisitas obat, yaitu efek samping yang merugikan dari konsumsi obat yang berlebihan atau berkepanjangan. Ini melibatkan pemahaman tentang dosis toksik, organ target, mekanisme kerusakan seluler, dan strategi pencegahan dan penanganan keracunan obat.

Farmakologi memiliki peran yang sangat penting dalam kedokteran modern, karena memungkinkan pengembangan obat-obatan yang aman dan efektif untuk pengobatan berbagai penyakit dan kondisi kesehatan. Dengan pemahaman yang mendalam tentang farmakologi, ilmuwan dan praktisi kesehatan dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dan mengurangi beban penyakit secara global.

5. Bioteknologi

Kimia hayati memiliki peran besar dalam bioteknologi, yaitu penerapan teknologi yang menggunakan organisme hidup atau komponen biologis mereka untuk membuat produk atau proses yang berguna. Contohnya termasuk rekayasa genetika, produksi biomolekul, dan pengembangan biomaterial.

Bioteknologi adalah bidang ilmu yang menggunakan organisme hidup, sistem biologis, atau komponen biologis

mereka untuk membuat produk atau proses yang berguna. Ini melibatkan penerapan teknologi dalam berbagai bidang, termasuk pertanian, kedokteran, industri, dan lingkungan. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa aspek penting dari bioteknologi:

- a. Rekayasa Genetika:** Bioteknologi memanfaatkan rekayasa genetika untuk memodifikasi genom organisme, baik itu mikroorganisme, tumbuhan, atau hewan, untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan. Ini melibatkan teknik seperti pengklonan gen, transfer gen, dan pengeditan gen untuk memperkenalkan atau mengubah ekspresi gen tertentu.
- b. Produksi Biomolekul:** Bioteknologi digunakan untuk produksi biomolekul yang berguna, seperti protein terapeutik, enzim industri, atau antibiotik. Ini melibatkan teknik seperti rekombinasi DNA untuk memasukkan gen yang mengkodekan protein ke dalam organisme pembawa, seperti bakteri atau sel kultur.
- c. Pengembangan Vaksin:** Bioteknologi digunakan dalam pengembangan vaksin untuk melawan penyakit infeksi, kanker, atau penyakit autoimun. Ini melibatkan produksi antigen yang diisolasi dari mikroorganisme patogen atau ekspresi antigen dalam sistem ekspresi heterologous.
- d. Biomaterial:** Bioteknologi digunakan dalam pengembangan biomaterial, seperti jaringan buatan, organ-on-a-chip, atau implant biologis. Ini melibatkan rekayasa jaringan untuk membuat struktur biologis yang dapat digunakan dalam pengobatan regeneratif, penelitian obat, atau pengujian toksisitas.
- e. Pertanian dan Pangan:** Bioteknologi digunakan dalam pertanian untuk meningkatkan produksi tanaman, memperbaiki sifat-sifat pertanian, atau menghasilkan tanaman transgenik yang tahan terhadap hama atau herbisida. Ini juga digunakan dalam pengembangan makanan yang dimodifikasi secara genetik untuk meningkatkan nilai gizi, kualitas, atau keamanan.
- f. Pembersihan Lingkungan:** Bioteknologi digunakan dalam pembersihan lingkungan untuk mendegradasi

polutan organik, mengolah limbah industri, atau mendaur ulang limbah padat. Ini melibatkan penggunaan mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa-senyawa kimia tertentu atau mengubahnya menjadi bentuk yang tidak beracun.

- g. Diagnostik Medis:** Bioteknologi digunakan dalam diagnostik medis untuk deteksi penyakit infeksi, kanker, atau penyakit genetik. Ini melibatkan penggunaan teknik seperti PCR (*Polymerase Chain Reaction*), ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*), atau teknik sekuen gen untuk mendiagnosis dan memonitor kondisi kesehatan.

Bioteknologi memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas hidup manusia, meningkatkan produksi pangan, mengatasi tantangan lingkungan, dan mengembangkan terapi baru untuk berbagai penyakit. Dengan terus berkembangnya teknologi dalam bidang ini, diharapkan bahwa bioteknologi akan terus memberikan kontribusi besar dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

6. Analisis dan Teknik

Kimia hayati melibatkan penggunaan berbagai teknik analisis, seperti spektroskopi, kromatografi, dan teknik rekayasa genetika, untuk mengidentifikasi, memahami, dan memanipulasi senyawa kimia dalam konteks biologis.

Analisis dan teknik dalam kimia hayati merupakan bagian penting dalam memahami struktur, fungsi, dan interaksi senyawa kimia dalam konteks biologis. Berikut adalah uraian detail tentang beberapa teknik analisis dan teknik yang umum digunakan dalam kimia hayati:

- a. Spektroskopi:** Spektroskopi adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengukur interaksi antara materi dan radiasi elektromagnetik. Dalam kimia hayati, beberapa teknik spektroskopi yang umum digunakan meliputi:

1) Spektroskopi UV-Vis: Digunakan untuk mengukur absorbansi cahaya ultraviolet-visible oleh senyawa organik, seperti asam nukleat dan protein.

2) Spektroskopi Fluoresensi: Digunakan untuk mengukur emisi cahaya fluoresen oleh senyawa-

senyawa yang berfluoresensi, yang digunakan dalam penelitian dan diagnostik medis.

3) Spektroskopi Infra Merah (IR): Digunakan untuk mengidentifikasi ikatan kimia dalam molekul organik berdasarkan pada serapan cahaya inframerah oleh senyawa tersebut.

4) Spektroskopi Nuklir Resonansi Magnetik (NMR): Digunakan untuk mempelajari struktur molekuler dan dinamika protein, asam nukleat, dan senyawa organik lainnya dalam larutan.

b. Kromatografi: Kromatografi adalah teknik pemisahan yang digunakan untuk memisahkan campuran senyawa berdasarkan perbedaan sifat-sifat fisik dan kimianya. Beberapa teknik kromatografi yang umum digunakan dalam kimia hayati meliputi:

1) Kromatografi Cair (HPLC): Digunakan untuk pemisahan senyawa-senyawa dalam campuran cair berdasarkan afinitas mereka terhadap fase diam dan fase gerak.

2) Kromatografi Gas (GC): Digunakan untuk pemisahan senyawa-senyawa dalam campuran gas berdasarkan perbedaan distribusi kecepatan migrasi mereka melalui kolom kromatografi.

c. Teknik Rekayasa Genetika: Teknik rekayasa genetika digunakan untuk memodifikasi genom organisme hidup, baik itu bakteri, tanaman, atau hewan, dengan mengisolasi, memanipulasi, dan memasukkan gen yang diinginkan ke dalam genom. Teknik ini meliputi:

1) Pengklonan DNA: Digunakan untuk menggandakan fragmen DNA tertentu secara *in vitro*.

2) PCR (*Polymerase Chain Reaction*): Digunakan untuk mengamplifikasi fragmen DNA spesifik secara selektif.

3) Transfeksi dan Transformasi: Digunakan untuk memasukkan DNA asing ke dalam sel-sel hidup, baik itu bakteri, hewan, atau tumbuhan.

d. Teknik Analisis Lainnya: Selain teknik di atas, terdapat berbagai teknik analisis lainnya yang digunakan dalam kimia hayati, termasuk:

- 1) **Elektroforesis:** Digunakan untuk memisahkan dan menganalisis fragmen DNA, RNA, atau protein berdasarkan berat molekul dan muat listrik.
- 2) **Metode Immunologi:** Digunakan untuk mendeteksi dan mengukur antigen atau antibodi dalam sampel biologis, seperti ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*).
- 3) **Analisis Bioinformatika:** Digunakan untuk memproses dan menganalisis data biologis, seperti sekuen genetik, struktur protein, atau ekspresi gen, menggunakan algoritma dan perangkat lunak khusus.

Penggunaan berbagai teknik analisis dan teknik dalam kimia hayati memungkinkan ilmuwan untuk memahami struktur, fungsi, dan interaksi senyawa kimia dalam konteks biologis dengan lebih baik, yang sangat penting untuk pengembangan obat-obatan, diagnostik medis, pertanian, dan penelitian ilmiah lainnya

Kimia hayati memainkan peran kunci dalam memahami dasar-dasar kehidupan, dari tingkat molekuler hingga tingkat organisme, dan memiliki berbagai aplikasi penting dalam bidang kesehatan, industri, pertanian, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, NA; Reece, JB; Mitchell, LG (2002). Biologi (Edisi ke-5, Jilid 1, diterjemahkan oleh R. Lestari dkk. ed.). Jakarta: Erlangga. hlm. 65-70. ISBN 9796884682, 9789796884681.
- Hawab, H. (2004). Pengantar Biokimia. Jawa Timur: Bayumedia Publishing.
- Klein, D. (2015). Organic Chemistry. In Choice Reviews Online (2nd Ed, Vol. 36, Issue 09). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.5860/choice.36-5099>
- Lehginer., A. (1982). Principles of Biochemistry. New York: Worth Publisher, Inc.
- Maggy T.S, W. T. (2022). Biokimia Asam Nukleat. Yogyakarta: IKAPI PT Kanisius.
- Minchin S and Lodge J. 2019. Review Article - Understanding biochemistry: structure and function of nucleic acids. Essays in Biochemistry: 63, 433-456. <https://doi.org/10.1042/EBC201800380>
- Oktavianti Nurma, 2021. Materi Metabolisme Protein, Asam Amino Dan Genetik. Modul Biokimia Pendidikan Biologi. Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan. Universitas Islam Raden Intan Lampung.
- Solomon, T. W. G., Fryhle, C. B., & Snyder, S. A. (2016). Organic Chemistry (Twelfth Ed). John Wiley & Sons, Inc.
- Stryer L, Berg JM, Tymoczko JL (2002). Biochemistry (5th ed.). San Francisco: W.H. Freeman. ISBN 0-7167-4955-6.open access.

BAB 2

NOMENKLATUR SENYAWA ORGANIK

Oleh Muharram

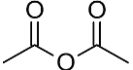
2.1 Pendahuluan

Senyawa organik menarik perhatian para ahli karena memiliki peranan yang sangat luas dalam kehidupan manusia. Hampir setiap hari, kita mendengar adanya senyawa organik baru yang ditemukan oleh para kimiawan organik, baik melalui isolasi bahan alam maupun melalui sintesis. Itulah sebabnya jumlah senyawa organik banyak sekali kita jumpai dan sekarang ini sudah jutaan jumlahnya. Oleh karena itu, untuk mengenal senyawa organik yang jumlahnya demikian berlimpah, maka diperlukan tata cara pemberian nama atau nomenklatur senyawa organik.

Ada dua cara untuk memberikan nama senyawa organik, yaitu cara umum (*sistem trivial*) dan IUPAC (*International Union Pure and Applied Chemistry*). Cara umum atau sistem trivial merupakan cara yang tidak mudah, karena cara ini diperoleh berdasarkan asal usul, nama penemu, atau tempat ditemukannya senyawa tersebut. Sebagai contoh asam formiat yang dapat ditemukan pada semut, asam sitrat yang ditemukan dalam jeruk, dan indonesiol ditemukan di Indonesia. Lain halnya dengan cara IUPAC, sistem ini biasa juga disebut sebagai nama sistematik karena memiliki aturan yang jelas dan sistematik.

Nomenklatur senyawa organik dengan cara IUPAC harus mengetahui klasifikasi senyawa organik tersebut. Senyawa organik dapat diklasifikasikan berdasarkan gugus fungsi yang dikandungnya. Gugus fungsi merupakan bagian spesifik dari suatu molekul yang bertanggung jawab atas karakteristik dan sifat-sifat senyawa tersebut, terutama reaksi kimianya. Kereaktifan senyawa organik ditentukan oleh gugus fungsi yang ada di dalam molekul. Gugus-gugus fungsi tersebut diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jenis-jenis Gugus Fungsi Senyawa Organik

No.	Struktur	Nama
1.	$C=C$	Alkuna
2.	$C \equiv C$	Alkuna
3.	$-OH$	Alkohol
4.	$-SH$	Tioalkohol
5.	$-O-$	Eter
6.	$-CHO$	Aldehida
7.	$-C=O$	Keton
8.		Asam karboksilat
9.		Ester
10.	$-NH_2$	Amina
11.	$-SO_3H$	Sulfonat
12.	$-C \equiv N$	Nitril
13.		Ester
14.		Amida
15.		Asam halida
16.	$-N=O$	Nitroso
17.	$-N=N-$	Azo
18.	$-C=N-$	Imina
19.		Anhidrida

2.3 Nomenkaltur Senyawa Hidrokarbon Jenuh

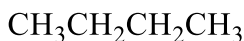
Senyawa hidrokarbon jenuh merupakan senyawa organik yang paling sederhana yang hanya terdiri dari unsur karbon dan hidrogen yang semuanya berikatan tunggal. Senyawa ini dikelompokkan sebagai alkana dengan rumus umum C_nH_{2n+2} . Empat alkana paling sederhana pertama memiliki nama semitrivial, yaitu: metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), dan butana (C_4H_{10}). Semua nama lain berikutnya berasal dari angka asal Yunani atau Latin yang menunjukkan jumlah atom karbon dalam alkana, dimulai dari C5 yang selengkapnya terdapat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Rumus molekul dan nama dasar alkana

Rumus Molekul	Nama	Rumus Molekul	Nama
C_5H_{12}	Pentana	$C_{18}H_{38}$	Oktadekana
C_6H_{14}	Heksana	$C_{19}H_{40}$	Nonadekana
C_7H_{16}	Heptana	$C_{20}H_{42}$	Eikosana
C_8H_{18}	Oktana	$C_{21}H_{44}$	Heneikosana
C_9H_{20}	Nonana	$C_{22}H_{46}$	Dokosana
$C_{10}H_{22}$	Dekana	$C_{23}H_{48}$	Trikosana
$C_{11}H_{24}$	undekana	$C_{24}H_{50}$	Tetrakosana
$C_{12}H_{26}$	dodekana	$C_{30}H_{62}$	Triakontana
$C_{13}H_{28}$	tridekana	$C_{31}H_{64}$	Hentriakontana
$C_{14}H_{30}$	tetradekana	$C_{32}H_{66}$	Dotriakontana
$C_{15}H_{32}$	pentadekana	$C_{33}H_{68}$	Tritriakontana
$C_{16}H_{34}$	heksadekana	$C_{40}H_{82}$	Tetrakontana
$C_{17}H_{36}$	heptadekana	$C_{100}H_{202}$	Hektana

Mulai dari butana, senyawa alkana memiliki isomer dan pemberian namanya adalah sebagai berikut: Untuk alkana alifatik yang tidak bercabang diberi awalan normal yang disingkat dengan *n*.

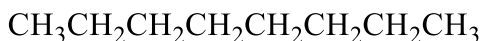
Contoh:



n-butana

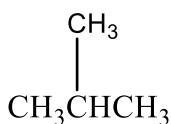


n-pentana

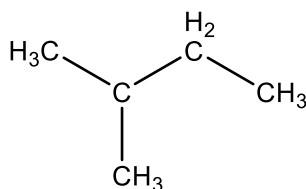


n-oktana

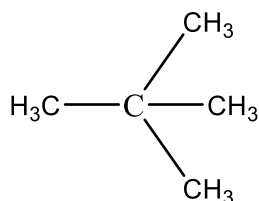
Beberapa isomer alkana sederhana memiliki nama umum, seperti: isobutana, isopentana, dan neopentana.



isobutana



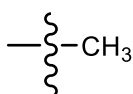
isopentana



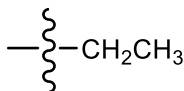
neopentana

Namun demikian, penggunaan tata nama sistem IUPAC lebih umum dan memiliki aturan sebagai berikut:

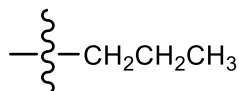
1. Rantai karbon terpanjang merupakan rantai pokok senyawa alkana tersebut dan setiap karbon diberi nomor.
2. Rantai karbon yang tidak termasuk sebagai rantai pokok adalah cabang yang tidak dapat berdiri sendiri. Cabang tersebut biasa disebut sebagai alkil ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$) dan alkil yang paling sederhana adalah metil ($-\text{CH}_3$). Beberapa alkil yang sering dijumpai adalah:



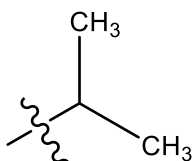
metil



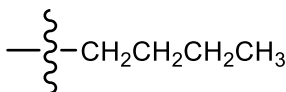
etil



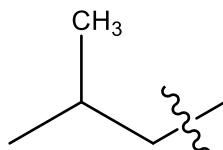
n-propil



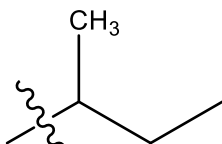
isopropil



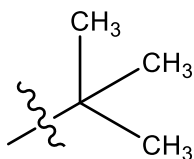
n-butil



isobutil



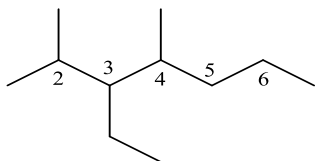
sekunder butil



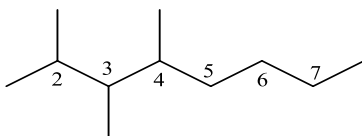
tersier butil

3. Karbon yang mengikat alkil atau cabang memiliki nomor serendah mungkin.
4. Urutan prioritas penyebutan alkil adalah sesuai dengan alpabet, sehingga etil terlebih dahulu disebut dibandingkan dengan metil.
5. Alkil yang sejenis disebut sekali dengan menggunakan awalan di (2), tri (3), tertra (4), dan seterusnya.
6. Urutan penyebutan dari hal-hal di atas adalah nomor cabang, nama cabang, dan terakhir nama rantai pokok.

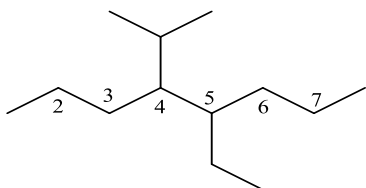
Contoh:



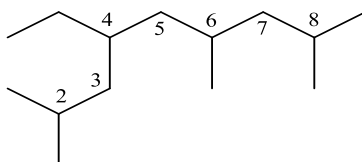
3-etil-2,4-dimetil-heptana



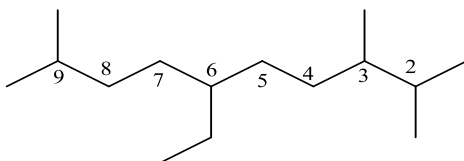
2,3,4-trimetil-oktana



4-ter.butil-5-etil-oktana



4-etil-2,6,9-trimeti-nonana



6-etil-2,3,9-trimetil-dekana

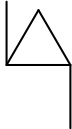
Sikloalkana

Selain rantai terbuka, hidrokarbon jenuh juga dapat membentuk senyawa lingkaran yang disebut sebagai sikloalkana dengan rumus umum C_nH_{2n} . Sikloalkana membentuk satu atau lebih cincin atom karbon. Senyawa sikloalkana yang paling sederhana adalah siklopropana (C_3H_6). Sikloalkana tersubstitusi diberi nama sangat mirip dengan alkana rantai terbuka. Perbedaan utama dalam aturan dan prosedur terjadi pada sistem penomoran, karena semua karbon pada cincin adalah ekuivalen. Adapun aturan IUPAC untuk tata nama sikloalkana adalah sebagai berikut:

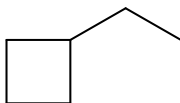
1. Penomoran dimulai dari karbon yang tersubstitusi dan pada sikloalkana diberi awalan siklo pada rantai pokoknya.
2. Untuk sikloalkana monosubstitusi, cincin menyediakan nama pokok dan gugus substituen diberi nama seperti biasa. Nomor lokasi tidak diperlukan.

3. Jika substituen alkil besar dan/atau kompleks, cincin dapat diberi nama sebagai gugus substituen pada alkana.
4. Jika dua substituen berbeda posisi pada cincin, maka dicantumkan dalam urutan abjad, dan substituen yang disebutkan pertama ditetapkan pada karbon nomor 1. Penomoran karbon cincin kemudian berlanjut ke arah (searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam) yang memberikan substituen kedua nomor lokasi serendah mungkin.
5. Jika terdapat beberapa substituen pada cincin, maka dicantumkan dalam urutan abjad. Nomor posisi ditetapkan pada substituen sehingga salah satunya berada pada karbon nomor 1 dan posisi lainnya memiliki nomor serendah mungkin, dihitung baik searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam.
6. Nama disusun, mencantumkan kelompok dalam urutan abjad dan memberikan nomor posisi pada setiap kelompok (jika ada dua atau lebih). Awalan di, tri, tetra, dst., yang digunakan untuk menunjukkan beberapa kelompok yang sejenis, tidak diperhitungkan saat mengurutkan berdasarkan abjad.

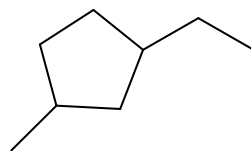
Contoh:



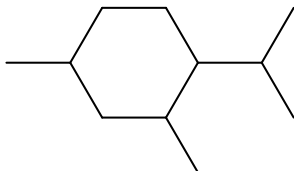
2,3-dimetil-siklopropana



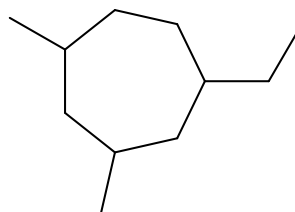
etil-siklobutana



1-etil-3-metil-siklopentana



1-isopropil-2,4-dimetil-sikloheksana



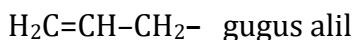
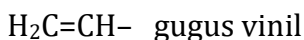
1-etil-3,5-dimetil-sikloheptana

Senyawa sikloalkana yang memiliki lebih dari satu cincin disebut sebagai senyawa bisiklik (dua cincin), trisiklik (tiga cincin) dan secara umum disebut senyawa polisiklik.

2.4 Nomenklatur Senyawa Hidrokarbon Tak Jenuh (Alkena dan Alkuna)

Senyawa hidrokarbon tak jenuh merupakan senyawa yang memiliki ikatan rangkap dua yang dikenal sebagai alkena (C_nH_{2n}) atau ikatan rangkap tiga yang disebut sebagai alkuna (C_nH_{2n-2}). Senyawa alkena biasa juga disebut sebagai senyawa olefin. Sistem penamaan senyawa alkena dan alkuna adalah sebagai berikut:

1. Sufiks (akhiran) ena menunjukkan alkena atau sikloalkena, sedangkan sufiks una menunjukkan alkuna atau sikloalkuna.
2. Rantai terpanjang yang dipilih untuk nama rantai pokok harus mencakup kedua atom karbon yang mengandung ikatan rangkap dua (alkena) atau rangkap tiga (alkuna).
3. Rantai pokok harus diberi nomor dari ujung yang paling dekat dengan atom karbon yang mengandung ikatan rangkap dua (alkena) atau ikatan rangkap tiga (alkuna). Jika ikatan rangkap berada di tengah rantai, maka aturan substituen terdekat digunakan untuk menentukan ujung tempat penomoran dimulai.
4. Angka yang lebih kecil dari dua angka yang menunjukkan atom karbon dari ikatan rangkap digunakan sebagai penentu letak ikatan rangkap dua atau ikatan rangkap tiga. Jika terdapat lebih dari satu ikatan rangkap dua, senyawa tersebut diberi nama sebagai awalan diena, triena atau ekuivalen yang menunjukkan jumlah ikatan rangkap dua, dan setiap ikatan rangkap diberi nomor penentu.
5. Dalam sikloalkena atau sikloalkuna, karbon ikatan rangkap diberi posisi cincin nomor 1 dan nomor 2. Di antara keduanya yang nomor 1 dapat ditentukan oleh aturan substituen terdekat.
6. Gugus substituen yang mengandung ikatan rangkap adalah:

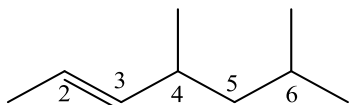


7. Gugus substituen yang mengandung ikatan rangkap tiga adalah:

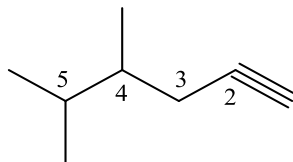
$\text{HC}\equiv\text{C}-$ gugus asetilenil $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-$ gugus propargil

8. Jika lebih dari satu ikatan rangkap dua atau ikatan rangkap tiga dalam suatu senyawa, maka dinyatakan dengan diena, diuna (dua), triena, triuna (3), tetraena, tetrauna, dan seterusnya.

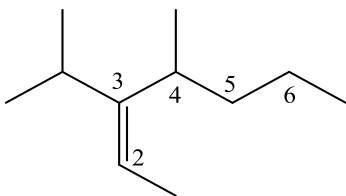
Contoh:



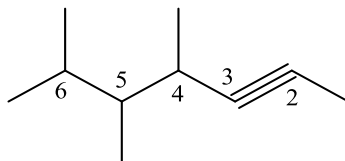
4,6-dimetil-2-heptana



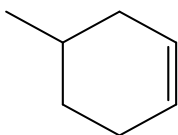
4,5-dimetil-1-heksuna



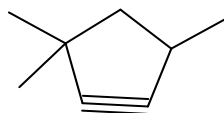
2,4-dimetil-3-isopropil-2-heptena



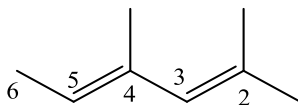
4,5,6-trimetil-2-heptuna



4-metil-sikloheksena



3,3,5-trimeti-siklopantana



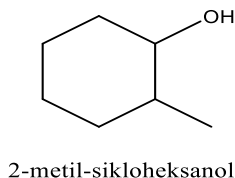
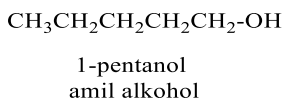
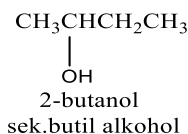
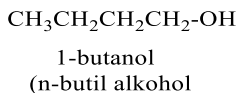
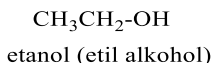
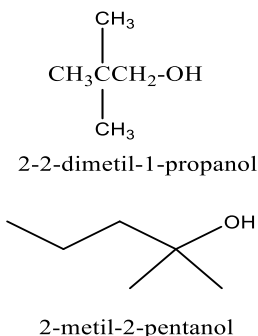
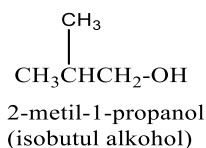
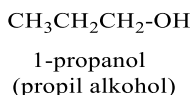
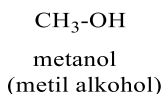
2,4-dimetil-2,4-heksadiena

2.5 Sistem Penamaan Senyawa Alkohol

Alkohol merupakan senyawa organik yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, dan memiliki gugus fungsi hidroksil (-OH). Gugus hidroksil (-OH) ini merupakan dasar untuk memberikan nama senyawa alkohol. Senyawa alkohol rantai terbuka biasa disebut sebagai alkanol, Alkohol diberi nama dengan akhiran -ol, atau dengan nama gugus - alkohol sebagai akhirnya. Selain itu, ada juga nama-nama trivial yang digunakan untuk beberapa senyawa.

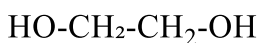
Beberapa isomer posisi (isomer konstitusional) dimungkinkan untuk propanol dan alkohol rantai panjang. Untuk membedakannya, angka yang menunjukkan letak gugus hidroksil ditempatkan di depan. Digit tersebut harus selalu memiliki nilai terkecil. Hidrokarbon induk merupakan rantai terpanjang tempat gugus hidroksil berada.

Contoh paling sederhana:

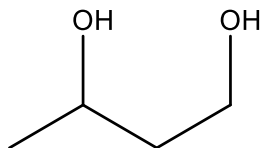


Alkohol polivalen adalah alkohol yang mempunyai lebih dari satu gugus fungsi alkohol. Tata nama IUPAC untuk alkohol polivalen adalah sebagai berikut: Rantai hidrokarbon diberi nomor sedemikian rupa sehingga gugus hidroksil mempunyai jumlah nomor sekecil mungkin; ini diawali dengan nama hidrokarbon yang mendasarinya. Jika terdapat dua gugus OH, akhirnya mengikuti -diol, jika ada tiga gugus -triol, dan seterusnya. Namun demikian, banyak alkohol polivalen penting memiliki nama trivial, seperti: etilen glikol, propilen glikol, gliserol atau gliserol dan sorbitol.

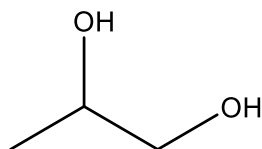
Contoh:



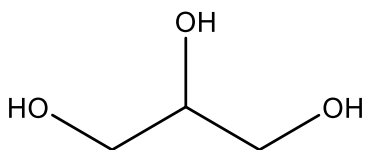
1,2-etanadiol
glikol



1,3-butanadiol



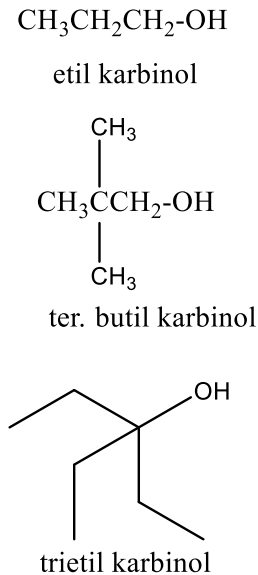
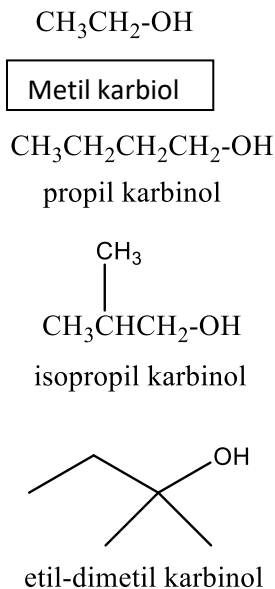
1,2-propanadiol
propilen glikol



1,2,3-propanatriol
gliserol

Selain itu, alkohol dapat dianggap sebagai kelompok karbinol (-COH) dan karena itu alkohol kadangkala juga diberi nama atas dasar karbinol yang diawali dengan nama alkil yang terikat pada gugus karbinol tersebut.

Contoh:

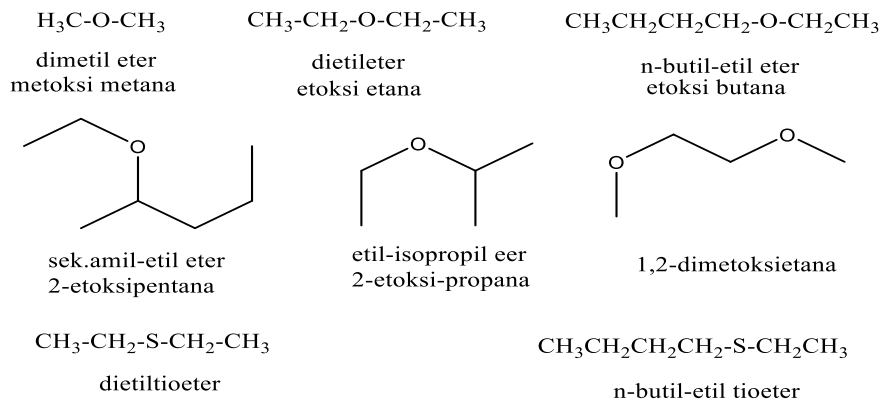


2.6 Penamaan Senyawa Eter dan Tioeter

Senyawa eter biasa juga disebut sebagai alkoksi. Sistem penamaan eter dan tioeter dapat mengikuti nama substitutif, yaitu diawali dengan nama kedua alkil menurut abjad kemudian menyebut akhiran eter atau tioeter.

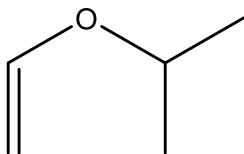
Dalam tata nama IUPAC, eter diperlakukan sebagai alkana dengan radikal alkoksi. Alkil yang lebih besar kemudian membentuk nama pokok.

Contoh:

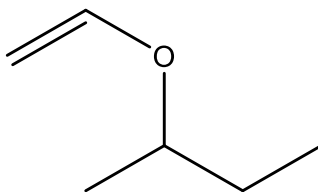


Vinil eter adalah eter tak jenuh yang gugus vinilnya terikat langsung pada atom oksigen.

Contoh:



isopropil vinil eter
isopropil etena



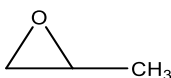
n-butil vinil eter
sek. butil etena

Eter siklik disebut heterosiklik oksigen dan dapat menggunakan nomenklatur substitusi atau nomenklatur Hantzsch-Widman. Untuk beberapa eter siklik, nama tambahannya juga umum (tetrahidrofuran). Eter cincin beranggota tiga adalah epoksida atau oksiran. Namun demikian, senyawa tersebut sering juga diberi nama dengan awalan jembatan "epoksi" diikuti dengan nama sistem induknya.

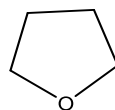
Contoh:



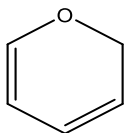
okasiklopropana
oksiran
epoksi etana
etilen oksida



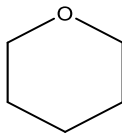
2-metilokasiklopropana
2-metiloksiran
1,2-epoksipropana
propilen oksida



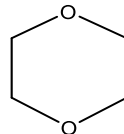
okasiklopentana
oksolan
tetrahidrofuran



oksa-2,4-sikloheksadiena
2H-piran



okasikloheksana
oksana
tertrahidropiran

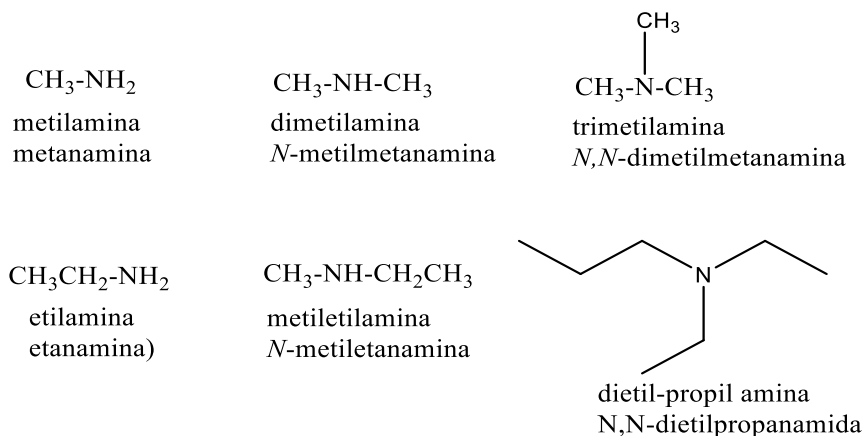


1,4=diokasikloheksana
1,4-dioksana

2.7 Tatanama Senyawa Amina

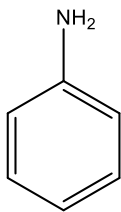
Amina dapat diberi nama secara substituent yang diberi akhiran amina. Dalam tata nama secara substituent ini nama alkil atau aril ditempatkan di depannya dan awalan pengali digunakan untuk beberapa alkil yang identik. Untuk alkil yang berbeda, substituen diurutkan berdasarkan abjad. Tata nama pengganti menggunakan nama hidrokarbon induk sebagai awalan.

Contoh:

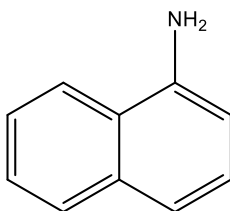


Amina aromatik diberi nama yang sesuai, namun fenilamina (aminobenzena) memiliki nama umum anilin, yang hampir secara eksklusif digunakan. Sebagai substituen hidrokarbon, gugus NH_2 diberi nama amino- (atau alkilamino, dialkilamino) dan diletakkan di depan namanya (bandingkan juga asam amino).

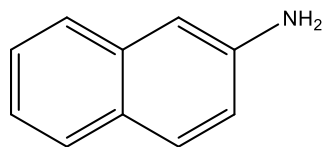
Contoh:



anilin
aminobenzena



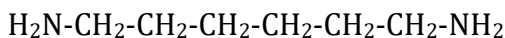
1-naftil amina
1-naftalenamina



2-naftil amina
2-naftalenamina

Jika terdapat beberapa gugus amino dalam suatu molekul, maka hal ini ditunjukkan dengan awalan perkalian dengan nomor posisi yang sesuai.

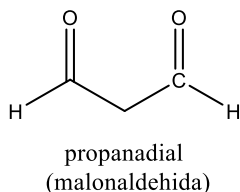
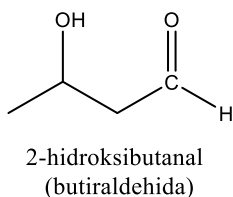
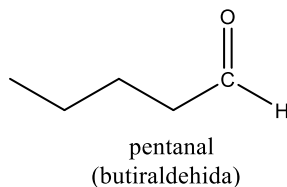
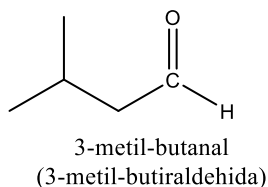
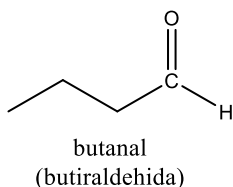
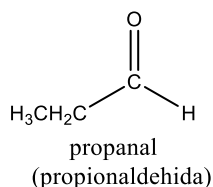
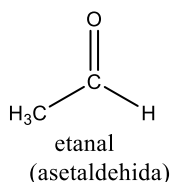
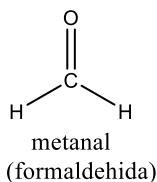
Contoh:



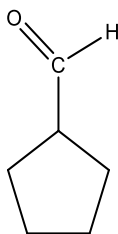
1,6-heksanadiamina
heksametilendiamin
1,6-diaminoheksana

2.8 Penamaan Senyawa Aldehida

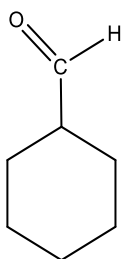
Aldehida asiklik diberi nama sebagai berikut: Nama induknya adalah alkana dengan jumlah karbon yang sama. Aldehida kemudian hanya menerima akhiran -al atau -dial untuk dialdehida. Anggota yang lebih rendah praktis memiliki nama trivial, yang terdiri dari nama induk dan akhiran aldehida.



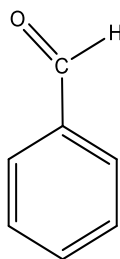
Jika gugus aldehida terikat langsung pada sebuah cincin, maka nama sistem induknya diberi akhiran -karbaldehida. Contoh: siklopentana-karbaldehida, sikloheksanakarbaldehida, dan seterusnya. Senyawa aldehida aromatik yang paling sederhana adalah benzaldehida (nama sistematis: benzenakarbaldehida).



siklopentanakarbaldehida



sikloheksanakarbaldehida

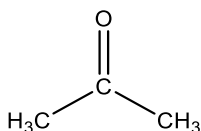


benzaldehida
benzenakarbaldehida

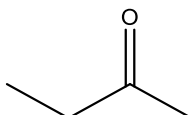
2.9 Tatanama Senyawa Keton

Keton diberi nama sebagai berikut: Hidrokarbon yang mendasarinya dipilih sebagai nama akarnya. Gugus fungsi keton dinyatakan dengan akhiran -on. Nomor posisi gugus karbonil diletakkan di depan (tata nama substitusi). Cara lain yang umum untuk memberi nama keton adalah sebagai berikut: Dua substituen pada gugus karbonil diberi nama sebagai alkil, disusun berdasarkan abjad dan nama -keton ditambahkan sebagai suku kata terakhir (tata nama radikofungsional). Substituen sejenis dinyatakan dengan penggandaan di-. Untuk propanon secara praktis hanya digunakan nama umum, aseton. Keton siklik diberi nama substitutif, diberi awalan siklo. Keton aromatik juga diberi nama secara radiokofungsional, tetapi pada umumnya memiliki nama trivial.

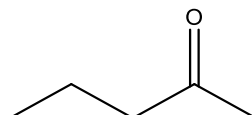
Contoh:



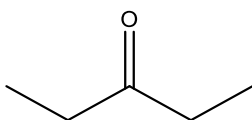
propanon
dimetil keton
aseton



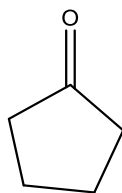
butanon
etil metil keton



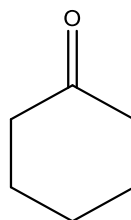
2-pentanon
metil propil keton



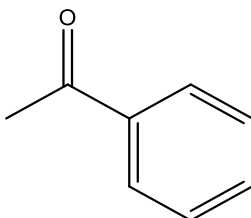
3-pentanon
dietil keton



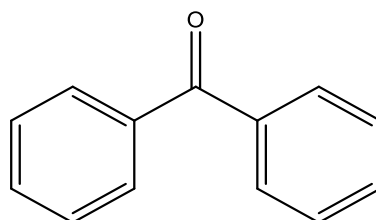
siklopentanon



sikloheksanon



metil fenil keton
asetofenon



difenil keton
benzoofenon

2.10 Tatanama Senyawa Asam Karboksilat dan Turunannya

2.10.1 Tata Nama Asam Karboksilat

Sebagian besar asam karboksilat penting memiliki nama semitrivial yang masih digunakan sampai sekarang. Atom karbon yang mengandung gugus karboksilat dihitung dalam hidrokarbon induk. Residu asam (garam) kerap kali juga mempunyai nama trivial. Menurut IUPAC, residu asam juga diberi nama sebagai pengganti hidrokarbon induknya dengan akhiran -oat, yang umumnya disebut sebagai karboksilat, misalnya garam natrium asetat, CH_3COONa dengan nama IUPAC natrium etanoat, tetapi tidak terlalu umum. Radikal R-CO- disebut radikal asil (IUPAC: alkanoil). Jika R berupa metil, maka residunya adalah asetil (IUPAC: etanoil). Beberapa contoh asam yang penting adalah sebagai berikut:

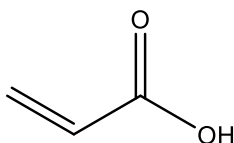
Rumus Struktur	Nama trivial	Nama IUPAC
HCOOH	Asam formiat	Asam metanoat
CH_3COOH	Asam asetat	Asam etanoat
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	Asam propionat	Asam propanoat
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	Asam butirat	Asam butanoat
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	Asam valerat	Asam pentanoat
$\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{COOH}$	Asam isobutirat	Asam-2-metil-propanoat
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	Asam kaproat	Asam heksanoat
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	Asam kaprilat	Asam oktanoat
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	Asam kaprinat	Asam dekanat

Asam monokarboksilat sederhana tidak bercabang disebut juga asam lemak karena sebagian merupakan komponen minyak dan lemak. Asam lemak yang lebih tinggi, terutama dapat ditemukan pada lemak dan minyak baik dari hewani maupun dari nabati. Semua asam lemak alami memiliki jumlah atom karbon genap. Asam lemak jenuh yang lebih tinggi adalah sebagai berikut:

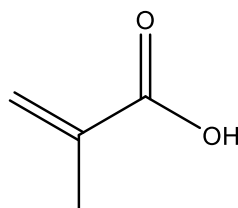
Jumlah atom C	Nama trivial	Nama IUPAC
12	Asam laurat	Asam dodekanoat
14	Asam miristat	Asam tetradekanoat
16	Asam palmitat	Asam heksadekanat
18	Asam stearat	Asam oktadekanoat

Untuk asam tak jenuh diberi nama sesuai dengan nama IUPAC disamping nama trivialnya. Jadi, akhiran -oat pada asam jenuh akan berubah menjadi -enoat dan diberi nomor karbon yang mengandung ikatan rangkap.

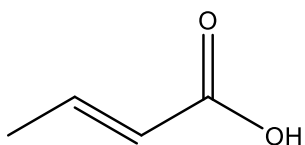
Contoh:



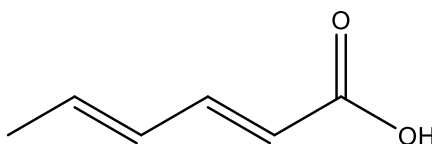
asam propenoat
asam akrilat



asam 2-metil-propenoat
asam metakrilat



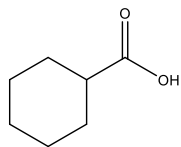
asam 2(*E*)-butenoat
asam krotonat



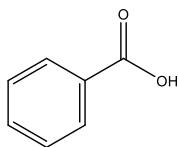
asam 2(*E*),4(*E*)-heksenoat
asam sorbat

Asam karboksilat dengan siklik sebagai radikal, maka akan mengikuti aturan berikut, nama cincinnya terlebih dahulu disebut, kemudian diberi akhiran karboksilat.

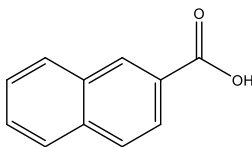
Contoh:



asam siklohesana karboksilat



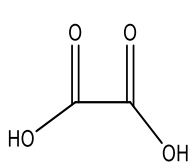
asam benzoat



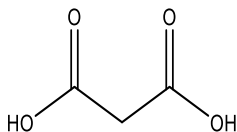
1-naftalin karboksilat
asam α -naftoat

Senyawa yang memiliki dua gugus karboksilat diberi akhiran dioat, tiga gugus diberi akhiran trioat, dst.

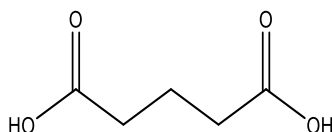
Contoh:



asam etanadioat
asam oksalat



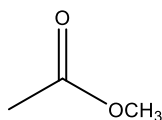
asampropanadioat
asam malonat



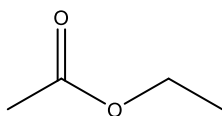
asam pentanadioat
asam glutarat

2.10.2 Tata nama Ester

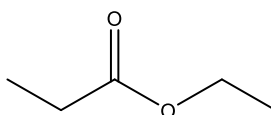
Nama ester terdiri dari nama asam karboksilat yang mendasarinya, dan menyebut nama alkilnya terlebih dahulu, kemudian menyebut nama asamnya. misalnya etil etanoat (nama trivial: etil asetat. Hanya saja jarang sekali digunakan, lebih sering para ahli gunakan etil asetat. Beberapa contoh berikutnya adalah sebagai berikut:



metil etanoat
metil asetat



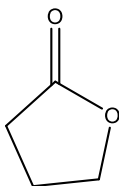
etil etanoat
etil asetat



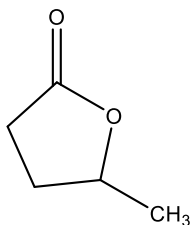
etil propanoat
etil propionat

Ester asam karboksilat siklik intramolekul dari asam hidroksikarboksilat adalah lakton. Tata nama pengganti lakton terdiri dari nama akar hidrokarbon diikuti dengan akhiran -olida. Gugus hidroksi ditempatkan di depan. Ada juga nama umum yang serinkali digunakan. Selain itu, lakton dapat disebut heterosiklik menurut tata nama Hantzsch-Widman.

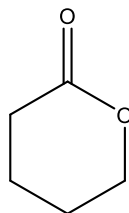
Contoh:



4-butanilida
 γ -butiralakton
 2-oksolanon



4-pentanilida
 γ -valerolakton
 5-meil-2-oksolanon

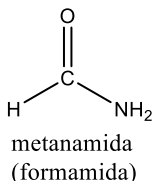


5-pentanilida
 δ -valerolakton

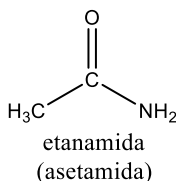
2.10.3 Tata Nama Amida

Secara substitusi, Amida (CONH_2) diberi nama dengan menambahkan akhiran -amida pada hidrokarbon induknya. Amida dengan residu siklik menerima akhiran karboksamida. Akan tetapi, banyak jenis amida yang memiliki nama trivial.

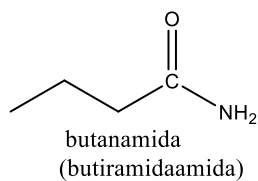
Contoh:



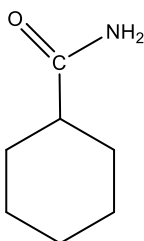
metanamida
 (formamida)



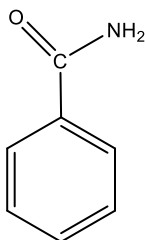
etanamida
 (asetamida)



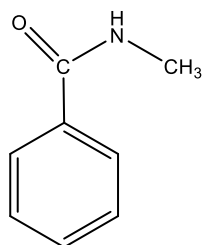
butanamida
 (butiramidaamida)



sikloheksanakarboksamida



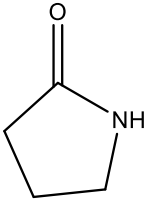
benzenakarboksamida
 benzamida



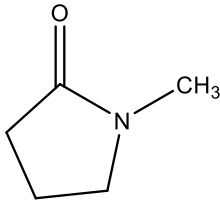
N-metilbenzamida

Amida siklik intramolekul dari asam aminokarboksilat disebut sebagai laktam. Kaprolaktam adalah salah satu laktam yang penting yang merupakan bahan baku poliamida 6. *N*-metilpirolidon, pelarut penting, yang juga merupakan laktam. Laktam secara sistematis diberi nama pengganti atau sebagai *N*-heterosiklik.

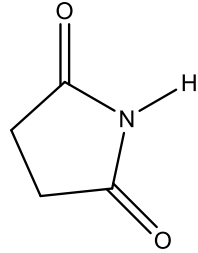
Contoh:



4-butanlaktam
2-azolidinon
2-pirolidon



N-metil-1,4-butanlaktam
N-metilpirolidon (NMP)
1-metil-2-azolidinon



butanimida
suksinimida

DAFTAR PUSTAKA

- Clayden, J., Greeves, N., and Warren, S. 2001. Solutions manual to accompany, Organic Chemistry. Second Edition. Oxford: Oxford University Press.
- Favre, H. A. and Powell, W. H. 214. Nomenclature of Organic Chemistry, IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013. Cambridge: The Royal Society of Chemistry.
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. 1979. Organic Chemistry. Boston: Wilard Grant Press.
- Hellwich, K.-H. et.al. 2021. Brief Guide to the Nomenclature of Organic Chemistry. Brochure V1.1 Juni 2021.
- Jeromin, G. 1996. Organische Chemie, Ein Praxisbezogenes Lehrbuch. Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch.
- McMurry, J. 2023. Organic Chemistry. A Tenth Edition. Houston: OpenStax.
- Panico, Robert. 1998. A guide to IUPAC nomenclature of organic compounds : recommendations 1993. Oxford: Blackwell Science.
- Pine, Stanley H. 1987. Organic Chemistry. New York: McGraw-Hill.
- Solomons, T.W.G. 1992. Organic Chemistry. New York: John Willey and Sons.

BAB 3

ASAM BASA DALAM KIMIA ORGANIK

Oleh Hendri Satria Kamal Uyun

3.1 Pendahuluan

3.1.1 Asam Basa

Asam organik dan basa organik adalah asam dan basa yang mengandung kerangka karbon. Asam organik telah dikenal sejak lama. Orang prasejarah kemungkinan besar membuat asam asetat saat mereka melakukan fermentasi. Bangsa Sumeria (2900–1800 SM) menggunakan cuka sebagai bumbu, pengawet, antibiotik, dan deterjen. Asam sitrat ditemukan oleh seorang ahli kimia Islam, Jabir Ibn Hayyan (juga dikenal sebagai Geber), pada abad ke-8, dan asam sitrat kristal pertama kali diisolasi dari lemon pada tahun 1784 oleh ahli kimia Swedia Carl Wilhelm Scheele. Para sarjana abad pertengahan di Eropa menyadari hal itu rasa buah jeruk asam disebabkan oleh asam sitrat. Para naturalis abad ke-17 mengetahui bahwa sengatannya gigitan semut merah disebabkan oleh asam organik yang disuntikkan semut ke dalam luka. Asam asetat cuka, itu asam format semut merah, dan asam sitrat pada buah-buahan semuanya termasuk dalam kelompok senyawa yang sama—asam karboksilat. Sabun adalah garam dari asam karboksilat rantai panjang (Daley and Daley, 2005).

Asam karboksilat terdapat secara luas di alam, sering kali dikombinasikan dengan alkohol atau gugus fungsi lainnya, seperti pada lemak, minyak, dan lilin. Mereka adalah komponen dari banyak makanan, obat-obatan, dan produk rumah tangga. Tidak mengherankan, banyak dari mereka yang paling dikenal dengan nama-nama umum berdasarkan kata-kata Latin dan Yunani yang menggambarkan sumbernya (Daley and Daley, 2005).

Asam karboksilat adalah senyawa organik dengan gugus karboksil. Gugus karboksil adalah gugus fungsi yang mengandung ikatan rangkap antara karbon dan oksigen, dan

gugus OH juga terikat pada atom karbon yang sama, namun masing-masing memiliki sifat uniknya sendiri. Seperti halnya aldehida dan keton, rumus asam karboksilat dapat dituliskan secara eksplisit menunjukkan ikatan rangkap karbon-oksigen, atau gugus karboksil dapat dituliskan secara sederhana dalam satu baris. Asam karboksilat umumnya dinyatakan dengan rumus RCOOH , dimana R adalah gugus hidrokarbon. Tiga definisi utama asam dan basa telah mempengaruhi pemikiran para ahli kimia. Pada tahun 1884, Svante Arrhenius merumuskan definisi pertama. Kemudian pada tahun 1923, Johannes N. Brønsted dan Thomas M. Lowry mengembangkan yang kedua. Definisi ketiga berasal dari teori ikatan kovalen Gilbert Newton Lewis yang diajukannya pada tahun 1916 (Daley and Daley, 2005).

3.1.2 Teori asam basa Arrhenius

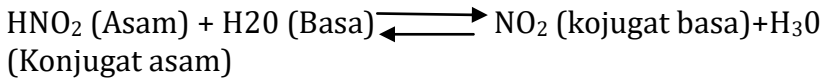
Definisi pertama yang dikemukakan Svante Arrhenius dalam tesis doctoralnya begitu inovatif hingga nyaris ditolak. Namun, ia memenangkan Hadiah Nobel Kimia pada tahun 1903 untuk teorinya. Teori ini menyatakan bahwa senyawa ionik stabil yang larut dalam air terurai, atau terdisosiasi, menjadi ion-ion. Disosiasi atau ionisasi senyawa dalam air mengarah pada definisi asam dan basa menurut Arrhenius. Asam adalah zat yang meningkatkan konsentrasi ion hidronium, H_3O^+ , bila ditambahkan ke air. Arrhenius sering menyebut ion hidronium sebagai ion hidrogen H^+ karena ia berasumsi bahwa reaksi asam basa hanya terjadi dalam air. Ion H^+ adalah hidrogen dengan sedikit proton atau elektron. Basa adalah zat yang meningkatkan konsentrasi ion hidroksida (OH^-) ketika ditambahkan ke air.

3.1.3 Teori Asam-Basa Bronsted-Lowry

Teori asam-basa Arrhenius memberikan awal yang baik untuk memahami kimia asam-basa, tetapi terbukti masih memiliki keterbatasan.

Ahli kimia Denmark Johannes Brønsted dan kimiawan Inggris Thomas Lowry mendefinisikan asam sebagai pemberi

proton (H⁺) dan sebagai penerima Proton (H⁺) (Sarker D Satyajit and Nahar Lutfun, 2009).



Gambar 3.1. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry

Tiap asam mempunyai kojugat basa dan tiap basa mempunyai kojugat asam. Pasangan-pasangan kojugat ini hanya berbeda 1 proton. Pada contoh diatas, HNO₂ adalah suatu asam, H₂O basa, NO₂ adalah kojugat basa, dan H₃O⁺ adalah kojugat asam. Jadi suatu kojugat asam dapat kehilangan ion H⁺ untuk membentuk suatu basa, dan kojugat basa dapat memperoleh ion H⁺ untuk membentuk suatu asam. Air dapat bersifat sebagai asam atau basa. Air dapat menerima proton untuk menjadi ion hidronium (H₃O⁺), yang merupakan kojugat asam, ataupun bisa kehilangan satu proton untuk menjadi ion hidroksida (OH⁻) yang merupakan kojugat basa.

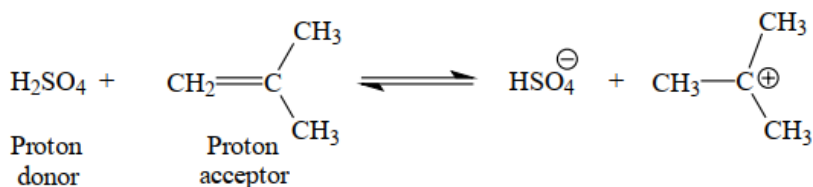
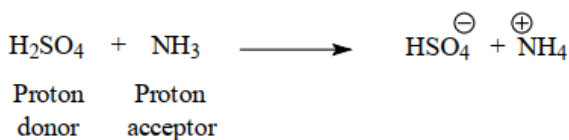
Contoh definisi Brønsted-Lowry adalah reaksi antara hidrogen klorida dan natrium hidroksida:



Pemberi Penetima
Proton Proton

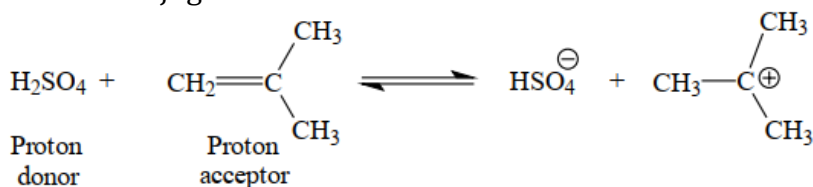
Gambar 3.2. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry

Dalam reaksi ini, HCl adalah asam karena merupakan sumber proton, atau NaOH adalah basa karena ion hidroksida adalah akseptor proton. Reaksi berikut ini mengilustrasikan lebih lanjut definisi asam-basa Brønsted Lowry.



Gambar 3.3. Reaksi menurut teori asam Basa Asam-Basa Bronsted-Lowry

Ketika asam dan basa bereaksi satu sama lain, reaktan dan produk berada dalam kesetimbangan satu sama lain. Perhatikan dua arah panah. Panah-panah tersebut menunjukkan bahwa ini adalah reaksi kesetimbangan. Artinya, itu reaktan di sisi kiri persamaan bereaksi dan membentuk produk, dan produk di sisi kanan juga bereaksi dan membentuk reaktan awal. Ahli kimia menyebut asam dan basa pada sisi kanan persamaan disebut asam konjugasi dan basa konjugasi. Reaksi di bawah ini diberi label untuk menunjukkan asam konjugasi dan basa konjugasi basa.



Hidrogen dari asam sulfat (H_2SO_4) adalah asam, dan nitrogen dari amonia (NH_3) adalah basa. Mereka bereaksi untuk membentuk hidrogen sulfat anion (HSO_4^-) dan ion amonium (NH_4^+). Ion amonium adalah asam konjugat dari amonia. Ion bisulfat adalah basa konjugasi dari asam sulfat.

3.1.4 Teori Asam Basa Lewis

Seperti Brønsted dan Lowry, GN Lewis mendefinisikan asam dan basa dalam skema yang lebih luas daripada yang dilakukan Arrhenius. Lewis menyatakan ada sejumlah reaksi yang terlihat seperti reaksi asam-basa tetapi tidak melibatkan transfer proton. Sebaliknya, mereka melibatkan interaksi pasangan elektron yang tidak berikatan. Dari pengamatan itu, ia mendefinisikan asam sebagai molekul yang membentuk ikatan kovalen dengan menerima pasangan elektron dan basa sebagai molekul yang membentuk ikatan kovalen dengan menyumbangkan pasangan elektron. Di bawah ini adalah pernyataan yang disederhanakan dari Definisi Lewis tentang asam dan basa.

Dengan menggunakan teori ini, sejumlah reaksi organik dapat di anggap sebagai asam basa karena reaksi-reaksi ini tidak terjadi dalam larutan. Asam Lewis dikenal dengan asam aprotik, yakni senyawa-senyawa bereaksi dengan basa dengan penerimaan pasangan elektron, tidak dengan pemberian proton (Sarker D Satyajit and Nahar Lutfun, 2009)

Boron (BH_3), boron triklorida (BCL_3) dan boron trifluorida (BF_3) dikenal sebagai asam lewis, karena boron memiliki orbital d ymag kosong yang dapat menerima pasangan elektron dari senyawa pemberinya (Sarker D Satyajit and Nahar Lutfun, 2009).

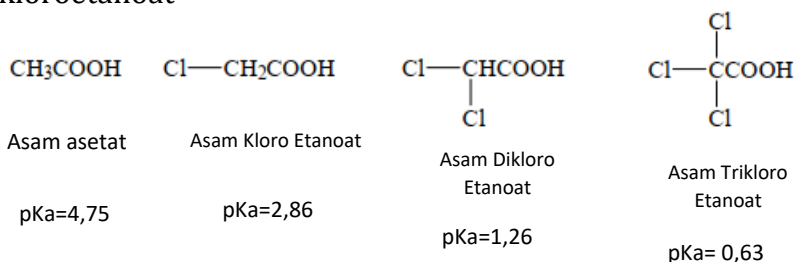
3.2 Sifat-sifat asam basa gugus fungsional organik

Asam organik yang paling umum adalah asam karboksilat. Asam karboksilat merupakan asam yang agak kuat yang mempunyai pKa antara 3 sampai 5. Asam asetat (pKa = 4,76 dapat bersifat sebagai asam untuk memberikan proton. Asam asetat terprotonasi (pKa = - 6,1) merupakan asam kuat.

Pada keadaan seimbang reaksi antara asam yang lebih kuat dengan basa yang lebih akan menghasilkan asam yang lebih lemah dan basa yang lebih lemah.

3.3 Efek substituen terhadap keasaman dan kebasaan

Berbagai atom atau gugus, ketika terikat pada asam atau basa, mempengaruhi keasaman atau kebasaan senyawa tertentu. Para ahli kimia menyebut efek ini sebagai efek induktif. Untuk asam, jika substituen menstabilkan basa konjugasi, sehingga ion terbentuk lebih banyak mudah, itu telah meningkatkan keasaman asam; dengan demikian, membuatnya lebih kuat. Sebaliknya, jika substituen mendestabilisasi konjugat basa, sehingga ion terbentuk lebih mudah, ia telah menurunkan keasaman asam. Karena keelektronegatifannya, substituen menarik elektron ke arah dirinya sendiri atau menyumbangkannya ke fungsional asam kelompok. Misalnya, jika karbon α dari asam karboksilat memiliki satu atau lebih banyak gugus penarik elektron yang lebih kuat, efek induktifnya lebih kuat daripada tanpa gugus tersebut. Bandingkan asam etanoat (umumnya disebut asam asetat) dengan asam kloroetanoat



Gambar 3.4. Efek substituen penarik terhadap keasaman

Efek pada keasaman masing-masing sebanding dengan jumlah substituen yang terlibat. Efek induktif juga sebanding dengan elektronegatifitas substituen. Semakin elektronegatif substituen, semakin rendah pKa asam.

$\text{F}-\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{Cl}-\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{Br}-\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{I}-\text{CH}_2\text{COOH}$
Asam Floro Etanoat	Asam Kloro Etanoat	Asam Bromo Etanoat	Asam Iodo Etanoat
pKa=2,59	pKa=2,86	pKa=2,90	pKa= 3,17

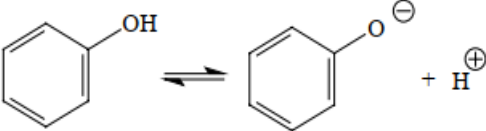
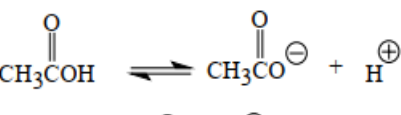
Gambar 3.5. Efek elektronegatif terhadap keasaman

Efek pKa berkurang seiring dengan jarak dari gugus fungsi karboksil. pKa asam meningkat seiring dengan bertambahnya jarak antara substituen dan gugus asam karboksilat meningkat

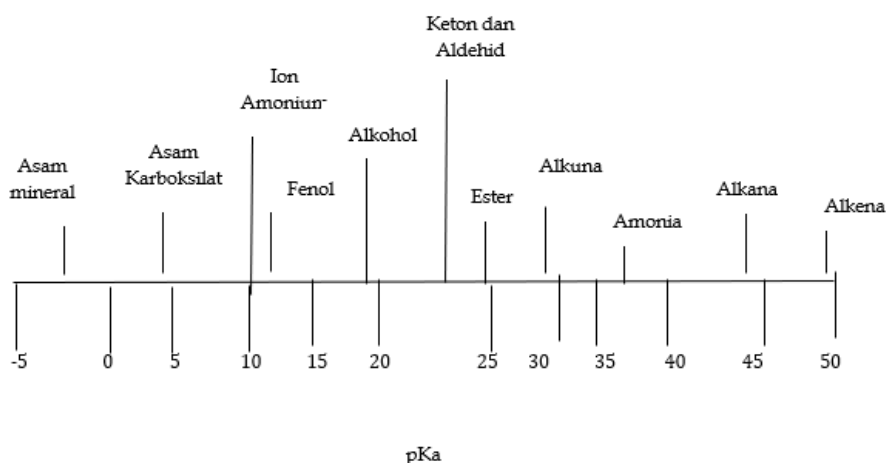
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}\text{COOH}$	$\text{CH}_3\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{COOH}$	$\text{CH}_2\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
Asam Butanoat	2 kloro Asam Butanoat	3 kloro Asam Butanoat	4 kloro Asam Butanoat
pKa= 4,82	pKa= 2,86	pKa= 4,05	pKa= 4,52

Gambar 3.6. Efek jarak antara substituen terhadap keasaman

Tabel 3.1. Reaksi Diasosiasi asam sumber (Daley and Daley, 2005)

Reaksi Disosiasi Asam Pka	
$\text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{CH}_3^- + \text{H}^+$	49
$\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_2=\text{CH}^- + \text{H}^+$	44
$\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_2^- + \text{H}^+$	36
$\text{CH}_2=\text{CHCH}_3 \rightleftharpoons \text{CH}_2=\text{CHCH}_2^- + \text{H}^+$	35
$\text{HC}\equiv\text{CH} \rightleftharpoons \text{HC}\equiv\text{C}^- + \text{H}^+$	26
$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{OH}^- + \text{H}^+$	15.7
$\text{CH}_3\text{OH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{O}^- + \text{H}^+$	15.1
	10.0
$\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{SH}^- + \text{H}^+$	7.0
	4.8

Reaksi Disosiasi Asam		
Pka		
$\text{HF} \rightleftharpoons \text{F}^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		3.2
$\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{NO}_3^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		-1.4
$\text{H}_3\text{O}^{\oplus} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{H}^{\oplus}$		-1.7
$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons \text{HSO}_4^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		-5.2
$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{Cl}^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		-7.0
$\text{HBr} \rightleftharpoons \text{Br}^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		-9.0
$\text{HI} \rightleftharpoons \text{I}^{\ominus} + \text{H}^{\oplus}$		-10



Gambar 3.7. Pka dari berbagai asam basa

3.4 Asam Karboksilat

Asam karboksilat terdapat secara luas di alam, sering kali dikombinasikan dengan alkohol atau gugus fungsi lainnya, seperti pada lemak, minyak, dan lilin. Komponen dari banyak makanan, obat-obatan, dan produk rumah tangga. Tidak

mengherankan, banyak dari mereka yang paling dikenal dengan nama-nama umum berdasarkan kata-kata Latin dan Yunani yang menggambarkan sumbernya.

Asam karboksilat yang paling sederhana, asam format (HCOOH), pertama kali diperoleh dari penyulingan semut (bahasa Latin *formica*, yang berarti “semut”). Gigitan beberapa semut menyuntikkan asam format, dan sengatan tawon dan lebah mengandung asam format.

Asam asetat, yang dibuat dengan memfermentasi sari buah apel dan madu dengan adanya oksigen. Fermentasi ini menghasilkan cuka, larutan yang mengandung 4%-10% asam asetat, ditambah sejumlah senyawa lain yang menambah cita rasanya. Asam asetat adalah mungkin merupakan asam lemah yang paling dikenal yang digunakan di laboratorium kimia pendidikan dan industri.

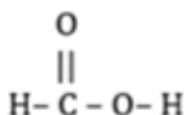
Homolog ketiga, asam propionat ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$), jarang ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Homolog keempat, asam butirat ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$), adalah salah satu zat yang paling berbau busuk yang bisa dibayangkan. Itu ditemukan dalam mentega tengik dan merupakan salah satunya bahan bau badan. Dengan mengenali jumlah yang sangat kecil dari bahan kimia ini dan bahan kimia lainnya, anjing pelacak dapat melacak buronan.

Tata Nama

Penamaan untuk asam karboksilat dengan empat karboksilat pertama menggunakan nama trivial yaitu asam format, asam asetat, asam propionat, dan asam butirat. Dalam sistem IUPAC, nama asam karboksilat diambil dari nama hidrokarbon yang bersangkutan. Asam karboksilat diberi nama sesuai nama alkana induknya dengan akhiran *-oat* dan ditambah kata *asam* di depan. Cara pemberian nama sesuai IUPAC adalah sebagai berikut:

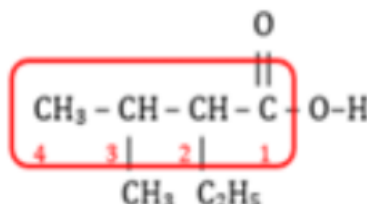
1. Tentukan rantai karbon terpanjang yang mengikat gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) dan turunkan nama alkananya dengan mengganti akhiran *-a* menjadi *-oat* ditambah awalan *asam*.
2. Rantai karbon diberi nomor dimulai dari atom karbon yang paling dekat mengikat gugus karboksilat.

3. Jika ada substituen, tentukan posisi, tuliskan namanya dan diurutkan sesuai alfabet.
4. Asam karboksilat yang membentuk cincin diberi nama dengan awalan siklo diikuti dengan jenis cincinnya.



Gambar 3.8. Asam Format

Tatanama nama IUPAC : Asam metanoat (hanya terdiri dari 1atom Karbon) Tata nama Trivial: Asam Formiat



Asam-2-etil-3-metilbutanoat

(Rantai utama 4 atom C, dan terdapat cabang etil di nomor 2 serta cabang metil di nomor 3)

Tabel 3.2. Tabel Tatanama Asam karboksilat

Nama berdasarkan IUPAC		Nama Trivial		Rumus Molekul
Nama Alkana	Nama Asam Karboksilat	Sumber Asam Karboksilat	Nama Asam Karboksilat	
Metana	Asam Metanoat	Semut (<i>Formica</i>)	Asam Format	HCOOH
Etana	Asam Etanoat	Cuka (<i>Asetum</i>)	Asam Asetat	CH ₃ COOH
Propana	Asam Propanoat	Susu (<i>Protospion</i>)	Asam Propinoat	CH ₃ CH ₂ COOH
Butana	Asam Butanoat	Mentega (<i>Butyrum</i>)	Asam Butirat	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH
Pentana	Asam Pentanoat	Akar Tanaman Valerian	Asam Valerat	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH
Heksana	Asam Heksanoat	Lemak Kambing (<i>Caper</i>)	Asam Kaproat	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH
Heptana	Asam Heptanoat	Bunga Vine	Asam Enantat	CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH
Oktana	Asam Oktanoat	Minyak Inti Sawit	Asam Kaprilat	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH
Nonana	Asam Nonanoat	Tanaman Pelargonium	Asam Pelargonat	CH ₃ (CH ₂) ₇ COOH
Dekana	Asam Dekanoat	Kambing (<i>Capra</i>)	Asam Kaprat	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH

Ester

Ester memiliki rumus umum RCOOR' , di mana R dapat berupa atom hidrogen, gugus alkil, atau gugus aril, dan R' dapat berupa gugus alkil atau gugus aril tetapi bukan atom hidrogen

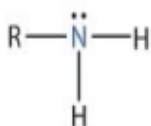
Ester terjadi secara luas di alam. Tidak seperti asam karboksilat, ester umumnya memiliki bau yang menyenangkan dan sering kali bertanggung jawab atas wewangian khas buah dan bunga. Setelah bunga atau buah dianalisis secara kimiawi, ahli kimia rasa dapat mencoba untuk menduplikasi bau atau rasa alami. Ester alami dan sintetis digunakan dalam parfum dan sebagai agen penyedap rasa.

Meskipun ester adalah senyawa kovalen dan garam bersifat ionik, ester diberi nama dengan cara yang mirip dengan yang digunakan untuk menamai garam. Itu Nama gugus dari bagian alkil atau aril diberikan terlebih dahulu dan diikuti dengan nama bagian asam. Baik secara umum maupun *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), akhiran -ic pada asam induk digantikan oleh akhiran -at.

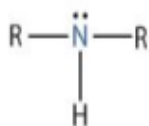
Amina

Amina diklasifikasikan menurut jumlah atom karbon yang terikat secara langsung ke atom nitrogen. Amina primer memiliki satu gugus alkil atau aril pada atom nitrogen, amina sekunder memiliki dua gugus alkil atau aril, dan amina tersier memiliki gugus tiga alkil atau aril. Amina adalah senyawa organik yang merupakan turunan dari ammonia, amina mengandung atom-atom nitrogen yang terikat pada satu atom karbon atau lebih. Atom Nitrogen pada amina mengandung pasangan elektron bebas yang dapat dilepaskan dan hal ini sesuai dengan basa lewis. Jika pasangan elektron tersebut digunakan untuk mengikat proton, maka amina dapat juga dinyatakan sebagai basa bronsted-lowry (Satrohamidjojo, 2011).

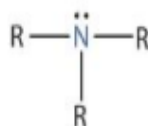
Amina merupakan kelompok senyawa penting. Senyawa dengan gugus fungsi amina terdapat di alam seperti (alkaloid, asam nukleat, protein dan asam amino), senyawa yang banyak dijumpai dalam obat amfetamin, antibiotik dan anestesi lokal. Beberapa contoh amina yang memiliki aktivitas biologis.



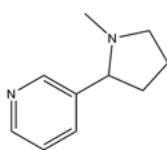
Amina primer



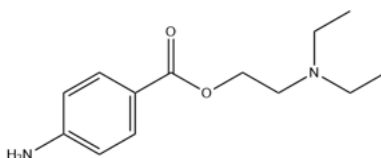
Amina Sekunder



Amina Tersier



Nikotin



Lidokain

Gambar 3.10. Contoh Senyawa amina yang memiliki aktivitas biologi

Tabel 3.3. Pka Amina

senyawa	Struktur	pKa
Amonia	NH ₃	9,3
Amina Primer		
Metilamina	CH ₃ NH ₂	10,6
Etilamina	CH ₃ CH ₂ NH ₂	10,8
Isopropilamina	(CH ₃) ₂ CHNH ₂	10,6
Tersbutilamina	(CH ₃) ₃ CNH ₂	10,4
Anilina	C ₆ H ₅ NH ₂	4,6
Amina Sekunder		
Dimetilamina	(CH ₃) ₂ NH	10,7
Dietilamina	(CH ₃ CH ₂) ₂ NH	11,1
N-Metilanilina	C ₆ H ₅ NHCH ₃	4,8
Amina Tersier		
Trimetilamina	(CH ₃) ₃ N	9,7
Trietilamina	(CH ₃ CH ₂) ₃ N	10,8
N,N-Dimetilanilina	C ₆ H ₅ N(CH ₃) ₂	5,1

Perbedaan yang sangat kecil pada pKa antar amonia dengan semua amina karena efek campuran pada kesetimbangan asam dan basanya. Namun lain hal apabila disisipi dengan aril.

DAFTAR PUSTAKA

- Daley, R.F. and Daley, S.J. (2005) 'Acid and base theory', *Organic Chemistry*, pp. 2005–242.
- Sarker D Satyajit and Nahar Lutfun (2009) *Kimia untuk Mahasiswa Farmasi bahan kimia organik, alam dan umum*. 1st edn. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

BAB 4

Pengenalan Gugus Fungsional

Oleh Wiwit Sepvianti

Dalam keilmuan kimia khususnya bidang organik, gugus fungsi adalah substituen yang juga menjadi bagian paling spesifik dalam suatu molekul. Bagian ini bertanggung jawab terhadap karakteristik reaksi kimia dari molekul-molekul tersebut. Gugus fungsi yang sama akan mengalami reaksi kimia yang sama dan tidak bergantung ukuran molekulnya. Hal ini memungkinkan untuk memprediksi secara sistematis reaksi kimia dan perilaku senyawa kimia serta desain sintesis kimianya.

4.1 Alkena

Alkena adalah senyawa hidrokarbon tidak jenuh rantai terbuka yang memiliki satu ikatan rangkap dua. Senyawa ini umumnya tidak berwarna, secara fisik agak mirip dengan alkana namun lebih reaktif. Rumus umum alkena selisih 2 atom hidrogen dengan alkana yaitu C_nH_{2n} (Ai *et al.*, 2024; Xing & Chen, 2024).

4.1.1 Tatanama Alkena

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur alkena diatur sebagai berikut:

1. Nama hidrokarbon berakhiran -ena (dalam Bahasa Indonesia) dan berakhiran -ene (dalam Bahasa Inggris).
2. Penentuan rantai utama: rantai terpanjang yang melibatkan ikatan rangkap (Tabel 4.1).
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil (Tabel 4.2). Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-

- b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet
4. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan rangkap.

Urutan Tatanama Alkena			
Nomor cabang	Nama cabang	Nomor rangkap	Nama rantai utama

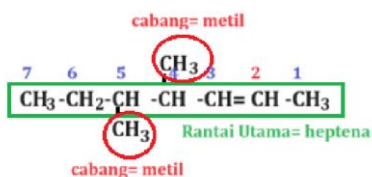
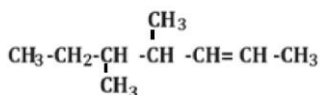
Tabel 4.1. Nama rantai utama Alkena (C_nH_{2n})

ΣC	Nama	ΣC	Nama
		C_6H_{12}	Heksena
C_2H_4	Etena	C_7H_{14}	Heptena
C_3H_6	Propena	C_8H_{16}	Oktena
C_4H_8	Butena	C_9H_{18}	Nonena
C_5H_{10}	Pentena	$C_{10}H_{20}$	Dekena

Tabel 4.2. Nama cabang Alkil ($-R/ C_nH_{2n+1}$)

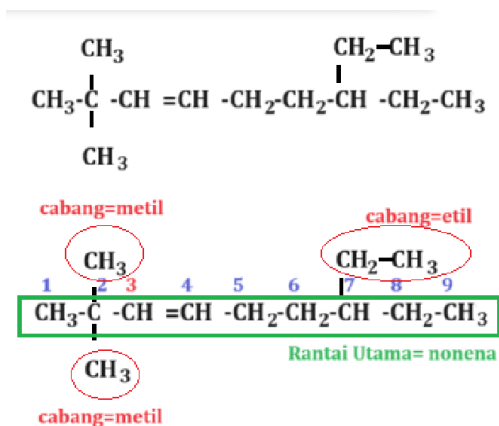
ΣC	Nama	ΣC	Nama
$-CH_3$	Metil	$-C_6H_{13}$	Heksil
$-C_2H_5$	Etil	$-C_7H_{15}$	Heptil
$-C_3H_7$	Propil	$-C_8H_{17}$	Oktil
$-C_4H_9$	Butil	$-C_9H_{19}$	Nonil
$-C_5H_{11}$	Amil	$-C_{10}H_{21}$	Desil

Contoh tatanama alkena:



Nama senyawa disamping:

4,5-dimetil-2-heptena



Nama senyawa disamping:

7-etil-2,2-dimetil-3-nonena

4.1.2 Sifat Alkena

- Sifat Fisik**, tidak berwarna dan tidak berbau, kecuali etena karena merupakan yang memiliki aroma agak manis dan musk. Etena dan propena berwujud gas sedangkan homolog alkena lain dengan jumlah karbon 4-14 berwujud cair dan yang memiliki karbon lebih dari 14 berwujud padat.
- Kelarutan**, Alkena bersifat non polar sedangkan air bersifat polar perbedaan kepolaran ini menyebabkan alkena sukar larut di dalam air namun sangat mudah larut di pelarut non-polar seperti benzena sesuai prinsip *like dissolved like* (Fuchibe *et al.*, 2024).
- Titik Didih**, Titik didih senyawa hidrokarbon umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah atom karbon dalam senyawa. Selain itu, titik didih juga dipengaruhi oleh ukuran molekul alkena sehingga alkena rantai lurus akan memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan alkena serupa dengan rantai bercabang sebab memiliki alkena rantai lurus memiliki ukuran molekul yang lebih besar.
- Titik Lebur**, Titik leleh senyawa berikatan ganda ini bergantung pada posisi molekulnya. Titik leleh alkena mirip dengan alkana. Namun, molekul cis-isomer memiliki titik leleh yang lebih rendah daripada trans-isomer karena molekul tersebut dikemas dalam bentuk tekuk U.

5. **Polaritas**, Alkena bersifat polar lemah seperti alkana tetapi sedikit lebih reaktif daripada alkana karena adanya ikatan rangkap. Elektron π yang membentuk ikatan rangkap dapat dengan mudah dihilangkan atau ditambahkan karena terikat lemah. Oleh karena itu, momen dipol yang ditunjukkan oleh alkena lebih dari alkana. Polaritas tergantung pada gugus fungsi yang terikat pada senyawa dan struktur kimianya.
6. **Reaksi Kimia**, dapat mengalami reaksi substitusi dan adisi. Untuk pemutusan ikatan rangkap (adisi) dapat bereaksi dengan H_2 , X_2 , HX (X = Halogen)

4.1.3 Aplikasi Alkena dalam Kehidupan

1. Alat masak seperti teflon berbahan dasar tetrafluoro etena;
2. Tali tambang pramuka berbahan dasar polipropena;
3. Kantong plastik berbahan dasar polietena;
4. Pipa air berbahan dasar polivinil klorida (PVC) (Ai *et al.*, 2024).

4.2 Alkuna

Alkuna merupakan senyawa hidrokarbon tidak jenuh rantai terbuka yang memiliki satu ikatan rangkap tiga. Rumus umum alkuna yaitu C_nH_{2n-2} (Tang *et al.*, 2024).

4.2.1 Tatanama Alkuna

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur alkuna diatur sebagai berikut:

1. Nama hidrokarbon berakhiran -una.
2. Penentuan rantai utama: rantai terpanjang yang melibatkan ikatan rangkap (Tabel 4.3).
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet

4. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan rangkap.

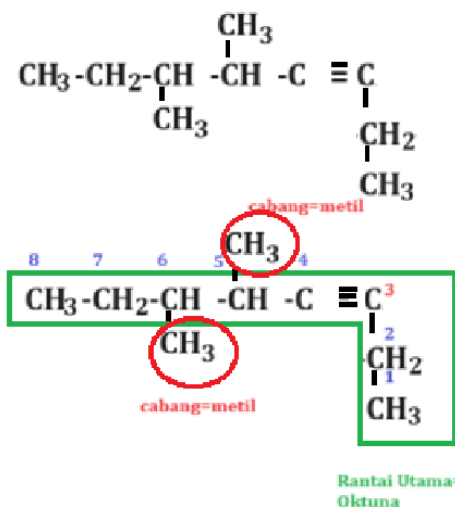
Urutan Tatanama Alkuna

Nomor cabang_Nama cabang_Nomor rangkap_Nama rantai utama

Tabel 4.3. Nama rantai utama Alkuna (C_nH_{2n-2})

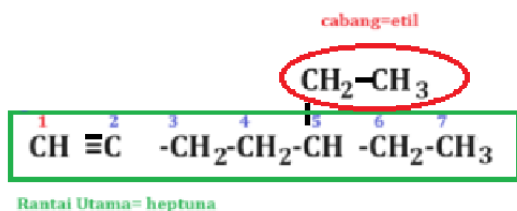
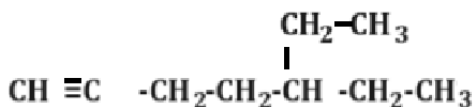
ΣC	Nama	ΣC	Nama
		C_6H_{10}	Heksuna
C_2H_2	Etuna	C_7H_{12}	Heptuna
C_3H_4	Propuna	C_8H_{14}	Oktuna
C_4H_6	Butuna	C_9H_8	Nonuna
C_5H_8	Pentuna	$C_{10}H_{18}$	Dekuna

Contoh tatanama alkuna:



Nama senyawa
disamping:

5,6-dimetil-3-oktuna



Nama senyawa
disamping:

5-etil-1-heptuna

4.2.2 Sifat Alkuna

1. **Sifat Fisik**, tidak berwarna dan tidak berbau, kecuali etena karena merupakan yang memiliki aroma agak manis dan musk. Alkuna C₂-C₄ berwujud gas sedangkan homolog alkuna lain dengan jumlah karbon 5-15 berwujud cair dan yang memiliki karbon lebih dari 15 berwujud padat.
2. **Kelarutan**, sama seperti Alkena. Alkuna juga bersifat non polar sedangkan air bersifat polar perbedaan kepolaran ini menyebabkan alkuna sukar larut di dalam air namun sangat mudah larut di pelarut non-polar seperti benzena sesuai prinsip *like dissolved like*.
3. **Titik Didih**, Titik didih senyawa hidrokarbon umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah atom karbon dalam senyawa. Selain itu, titik didih juga dipengaruhi oleh ukuran molekul alkuna sehingga alkuna rantai lurus akan memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan alkuna serupa dengan rantai bercabang sebab memiliki alkuna rantai lurus memiliki ukuran molekul yang lebih besar.
4. **Reaksi Kimia**, dapat mengalami reaksi substitusi dan adisi. Untuk pemutusan ikatan rangkap (adisi) dapat bereaksi dengan H₂, X₂, HX (X= Halogen) (WU *et al.*, 2024).

4.2.3 Aplikasi Alkuna dalam Kehidupan

1. Alkuna dalam asetilena digunakan sebagai bahan bakar roket;
2. Etuna digunakan sebagai bahan pembuatan pelarut organik;
3. Asetilena digunakan untuk menyalakan lampu portabel dan bahan baku plastik polietilen (Wang *et al.*, 2024).

4.3 Haloalkana

Haloalkana adalah senyawa turunan alkana yang salah satu atom hidrogennya atau lebih digantikan dengan satu atau lebih atom unsur halogen (F, Cl, Br dan I). Pembentukan senyawa ini adalah melalui reaksi substitusi antara alkana dengan halogen (F_2 , Cl_2 , Br_2 dan I_2) atau reaksi adisi alkena dan atau alkuna dengan halida (HF, HCl, HBr dan HI) (Huo *et al.*, 2012).

4.3.1 Tatanama Haloalkana

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur haloalkana diatur sebagai berikut:

1. Nama hidrokarbon berakhiran -ana (Tabel 4.4).
2. Penentuan rantai utama: rantai terpanjang yang melibatkan halogen (Tabel 4.5).
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet
4. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan halogen.

Urutan Tatanama Haloalkana

Nomor halogen_Nama halogen_Nomor cabang_Nama cabang_Nomor rangkap_Nama rantai utama

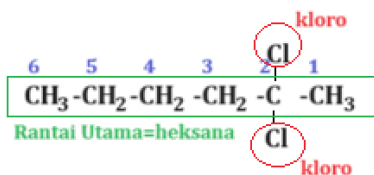
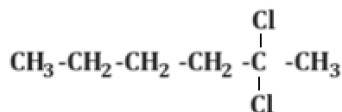
Tabel 4.4. Nama rantai utama Alkana (C_nH_{2n+2})

ΣC	Nama	ΣC	Nama
CH_4	Metana	C_6H_{14}	Heksana
C_2H_6	Etana	C_7H_{16}	Heptana
C_3H_8	Propana	C_8H_{18}	Oktana
C_4H_{10}	Butana	C_9H_{20}	Nonana
C_5H_{12}	Pentana	$C_{10}H_{22}$	Dekana

Tabel 4.5. Nama Halogen

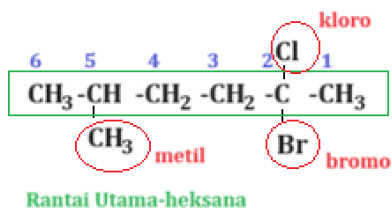
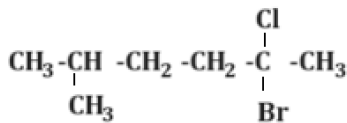
	Nama
-F	Fluoro
-Cl	Kloro
-Br	Bromo
-I	Iodo

Contoh tatanama haloalkana:



Nama senyawa
disamping:

2,2-dikloroheksana



Nama senyawa
disamping:

2-bromo-2-kloro-5-metilheksana

4.3.2 Sifat Haloalkana

1. **Kelarutan**, haloalkana cenderung mudah larut di dalam air berbeda dengan alkena maupun alkuna.
2. **Reaksi Kimia**, diperoleh dari reaksi substitusi atau adisi alkena dan alkuna dengan asam halida dan halogen (Huo *et al.*, 2012).

4.3.3 Aplikasi Haloalkana dalam Kehidupan

1. Chloro fluoro carbon (CFC) atau freon merupakan bahan baku pendingin ruangan dan kulkas. Gas ini tidak berwarna, tidak beracun, tidak mudah terbakar, bertitik didih rendah dan tidak menyebabkan karat.
2. Karbon tetra klorida (CCl_4), umumnya digunakan oleh pemadam kebakaran untuk memadamkan api yang bersumber dari listrik maupun kebakaran akibat bahan kimia sebab bersifat memblokir oksigen. Karbon tetra klorida juga dimanfaatkan sebagai pelarut lemak untuk dry cleaning. Cairannya tidak berwarna namun sedikit berbau.
3. Kloroform (CHCl_3) umumnya digunakan untuk pelarut zat organik dan obat bius. Namun, karena memiliki sifat beracun dan merusak hati penggunaan kloroform di dunia media maupun di laboratorium dengan hewan coba sudah tidak digunakan lagi (Doyagüez, 2005).

4.4 Alkohol

Alkohol adalah senyawa turunan hidrokarbon yang salah satu atom hidrogennya digantikan dengan gugus hidroksi ($-\text{OH}$). Rumus umum dari senyawa alkohol dengan satu substituen hidroksi adalah $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ (R-OH), rumus umum ini mirip dengan alkana hanya perbedaan dibagian atom Oksigen. Gugus hidroksi pada senyawa alkohol memungkinkan interaksi yang kuat dengan air sehingga mudah alkohol mudah larut dalam air. Selain itu, gugus hidroksi dari molekul-molekul senyawa ini juga berinteraksi dalam ikatan hidrogen yang menguatkan ikatan dan meningkatkan titik didih (Mali *et al.*, 2024; Mukherjee *et al.*, 2024).

4.4.1 Tatanama Alkohol

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur alkohol diatur sebagai berikut:

- 1. Nama hidrokarbon berakhiran -ol (alkanol)
- 2. Penentuan rantai utama: rantai terpanjang yang melibatkan gugus hidroksi.
- 3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet
- 4. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan gugus hidroksi.

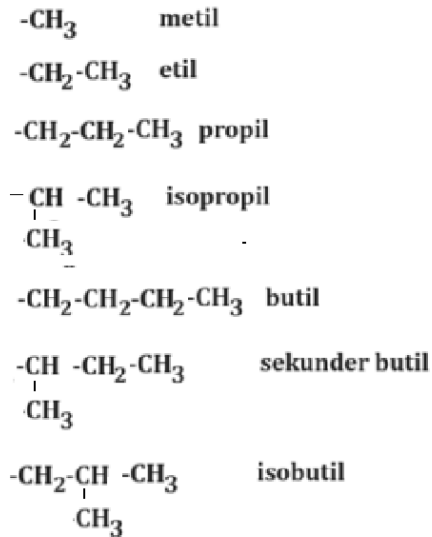
Urutan Tatanama Alkohol			
Nomor cabang_Nama cabang_Nomor hidroksi_Nama rantai utama			

Tabel 4.6. Nama rantai utama Alkohol ($C_nH_{2n+2}O$ (R-OH))

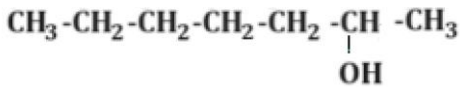
$\sum C$	Nama	$\sum C$	Nama
CH_3-OH	Metanol	$C_6H_{13}-OH$	Heksanol
C_2H_5-OH	Etanol	$C_7H_{15}-OH$	Heptanol
C_3H_7-OH	Propanol	$C_8H_{17}-OH$	Oktanol
C_4H_9-OH	Butanol	$C_9H_{19}-OH$	Nonanol
$C_5H_{11}-OH$	Pentanol	$C_{10}H_{21}-OH$	Dekanol

4.4.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkohol.

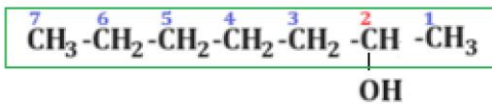
Jenis-jenis alkil sebagai berikut:



Contoh tatanama Alkohol:



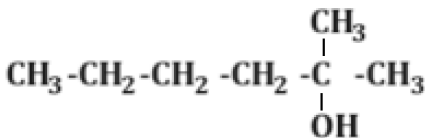
Nama senyawa
disamping:



IUPAC: 2-heptanol

TRIVIAL:

Sekunder heptil alkohol

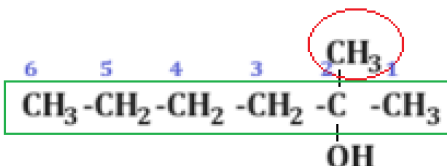


Nama senyawa
disamping:

IUPAC: 2-metil-2-
heksanol

TRIVIAL:

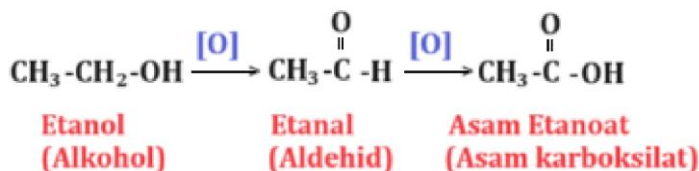
2-metil-sekunder heksil
alkohol



4.4.3 Jenis-Jenis Alkohol

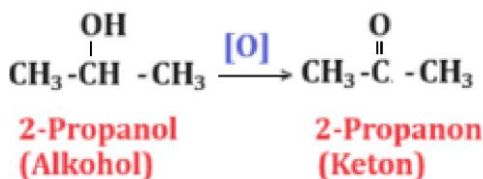
1. **Alkohol Primer (1°)**, gugus hidroksi terikat pada atom karbon yang hanya mengikat satu atom karbon lain. Ciri-ciri dari alkohol primer antara lain:

- Umumnya gugus hidroksi terikat pada $-\text{CH}_2$
- Nama alkohol umumnya n-alkanol atau 1-alkanol
 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ (n-butanol atau 1-butanol)
 $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{OH}$ (2-metil-1-propanol)
- Dapat dioksidasi berjenjang menjadi aldehid kemudian menjadi asam karboksilat



2. **Alkohol Sekunder (2°)**, gugus hidroksi terikat pada atom karbon yang mengikat dua atom karbon lain. Ciri-ciri dari alkohol sekunder antara lain:

- Nama alkohol umumnya selain angka 1-alkanol, misalnya 2-pentanol, 3-heptanol dan lain-lain
- Dapat dioksidasi menjadi keton



3. **Alkohol Tersier (3°)**, gugus hidroksi terikat pada atom karbon yang mengikat tiga atom karbon lain.

4.4.4 Sifat Alkohol

- Kelarutan**, alkohol bersifat polar sehingga mudah larut di dalam air.
- Titik didih tinggi**, alkohol memiliki titik didih yang tinggi sebab memiliki ikatan hidrogen.

3. Dapat bereaksi dengan logam aktif seperti Natrium dan Kalium menghasilkan alkoksida.
4. Dapat bereaksi dengan PX_3 ($X = \text{halogen}$)(Grüning & Ralser, 2021).

4.4.5 Aplikasi Alkohol dalam Kehidupan

1. Metanol digunakan sebagai bahan bakar, bahan baku industri dan pelarut. Metanol bersifat racun dan sangat fatal jika masuk tubuh atau tertelan karena dapat menyebabkan kematian.
2. Etanol digunakan dalam minuman beralkohol. Selain menjadi bahan minuman, etanol bisa dimanfaatkan pada pewarna makanan, obat-obatan, pelarut parfum, sampai desinfektan untuk pembersih luka.
3. Gliserol digunakan sebagai bahan obat-obatan, pelumas, dan berbagai fungsi lainnya di bidang kesehatan. Di kehidupan sehari-hari, alkohol jenis ini juga kita temukan sebagai bahan pada produk-produk kecantikan, contohnya pelembap wajah.
4. Etilen Glikol dimanfaatkan sebagai bahan antibeku, contohnya pada campuran air radiator di mobil. Fungsi ini amat membantu di negara yang memiliki musim dingin. Selain itu, kita bisa menemukan alkohol jenis ini pada bahan tambahan cat, cairan lem, dan lain-lain (Lin *et al.*, 2008).

4.5 Eter

Gugus eter merupakan atom oksigen (O) yang terikat diantara dua rantai alkil, membentuk rumus umum yang sama dengan alkohol namun dengan struktur yang berbeda yaitu $R-O-R'$. Kondisi rumus molekul yang sama namun memiliki struktur kimia yang berbeda lazim disebut isomer, maka dapat dikatakan eter berisomer dengan alkohol (Ahmed Qasem *et al.*, 2024).

4.5.1 Tatanama Eter

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur eter diatur sebagai berikut:

1. Rantai hidrokarbon yang lebih pendek diberi nama alkoksi sedangkan rantai hidrokarbon yang lebih panjang diberi nama alkana.
2. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan gugus metoksi.

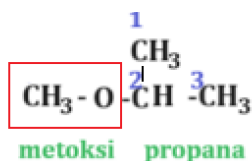
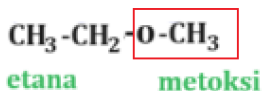
Urutan Tatanama Eter

Nomor alkoksi_Nama alkoksi_Nama rantai utama

4.5.2 Tatanama Trivial (nama dagang) : Alkil Alkil Eter

Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkil Eter. Penulisan alkil apabila berbeda jenisurut alfabet, contoh: etil metil eter. Namun jika sejenis diberi awalan di-, contoh dimetil eter.

Contoh tatanama haloalkana:



Nama senyawa
disamping:
IUPAC: Metoksietana
TRIVIAL: etil metil eter

Nama senyawa
disamping:
IUPAC: 2-metoksietana
TRIVIAL:
isopropil metil eter

4.5.3 Sifat Eter

1. **Kelarutan**, haloalkana cenderung sukar larut di dalam air karena bersifat nonpolar. Oleh karena itu, eter sering dimanfaatkan sebagai pelarut zat organik nonpolar.
2. **Titik didih rendah**, rendah di sini jika dibandingkan dengan alkohol berjumlah karbon sama sebab eter tidak memiliki ikatan hidrogen dan tidak membentuk interaksi hidrogen antarmolekulnya sehingga ikatan antar molekulnya tidak sekuat alkohol yang berimbas titik didih eter lebih rendah dari alkohol.

3. Mudah terbakar
4. Tidak dapat bereaksi dengan logam aktif
5. Tidak dapat bereaksi dengan PX_3 (X= halogen) (Alifi *et al.*, 2024; Pratika *et al.*, 2023)

4.5.4 Aplikasi Eter dalam Kehidupan

1. Dietil eter digunakan sebagai obat bius dan pelarut non polar.
2. Eter petrokimia digunakan sebagai bahan baku industri (Pratika *et al.*, 2023).

4.6 Aldehid

Aldehid dikenal juga sebagai alkanal, senyawa ini mengandung gugus fungsi dengan struktur R-CHO. Rumus umumnya hampir serupa dengan alkena, namun memiliki tambahan satu atom Oksigen (Kajitvichyanukul *et al.*, 2006).

4.6.1 Tatanama Aldehid

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur aldehid diatur sebagai berikut:

1. Rantai hidrokarbon berakhiran -al (Tabel 4.7).
2. Penomoran dimulai karbon gugus fungsi -CHO).
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet

Urutan Tatanama Aldehid		
Nomor cabang	Nama cabang	Nama rantai utama

4.6.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Aldehid
Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Aldehid (Tabel 4.7).

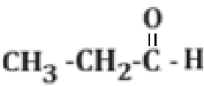
Tabel 4.7. Nama rantai utama Aldehid (IUPAC)

Σ C	Nama	Σ C	Nama
H-CHO	Metanal	C ₅ H ₁₁ - CHO	Heksanal
CH ₃ -CHO	Etanal	C ₆ H ₁₃ - CHO	Heptanal
C ₂ H ₅ - CHO	Propanal	C ₇ H ₁₅ - CHO	Oktanal
C ₃ H ₇ - CHO	Butanal	C ₈ H ₁₇ - CHO	Nonanal
C ₄ H ₉ - CHO	Pentanal	C ₉ H ₁₉ - CHO	Dekanol

Tabel 4.8. Nama rantai utama Aldehid (TRIVIAL)

Σ C	Nama	Nama Lain
H-CHO	Formaldehid	Formalin
CH ₃ -CHO	Asetaldehid	
C ₂ H ₅ - CHO	Propionaldehid	
C ₃ H ₇ - CHO	Butiraldehid	
C ₄ H ₉ - CHO	Valeraldehid	

Contoh tatanama aldehid:



Nama senyawa
 disamping:
IUPAC: Propanal
TRIVIAL:
Propionaldehid

4.6.3 Sifat Aldehid

- Kelarutan**, aldehid bersifat polar sehingga dapat larut dengan mudah dalam air. Walaupun tidak mengandung hidrogen yang terikat pada atom elektronegatif O, tetapi ikatan H dapat berikatan dengan molekul air.
- Kepolaran**, aldehid bersifat polar sehingga dapat membentuk gaya elektrostatik yang kuat antarmolekulnya.
- Reduktor kuat**, sehingga bersifat reaktif.

4.6.4 Aplikasi Aldehid dalam Kehidupan

1. Metanal/ formalin banyak dimanfaatkan sebagai pengawet untuk kayu furniture maupun spesimen biologi (Kajitvichyanukul *et al.*, 2006).
2. Seluruh aldehid dapat menjadi bahan baku pembuatan alkohol dan asam karboksilat.

4.7 Keton

Keton adalah senyawa yang berisomer dengan aldehid, dengan rumus kimia yang sama. Rumus struktur keton berbeda dengan aldehid sebab gugus fungsionalnya adalah -CO- (karbonil) yang posisinya diapit oleh dua buah alkil (R-CO-R') (Gasque *et al.*, 2018).

4.7.1 Tatanama Keton

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur keton diatur sebagai berikut:

1. Rantai utama adalah rantai hidrokarbon yang dilalui oleh gugus fungsi -CO- (karbonil). Diberi nama seperti alkana namun berakhiran -on . (Tabel 4.8)
2. Penomoran dimulai dari sisi karbon yang terdekat dengan gugus -CO- (karbonil).
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet

Urutan Tatanama Keton

Nomor alkoksi_Nama alkoksi_Nama rantai utama

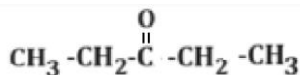
4.7.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkil Keton

Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkil Keton. Penulisan alkil apabila berbeda jenisurut alfabet, contoh: etil metil keton. Namun jika sejenis diberi awalan di-, contoh dimetil keton.

Tabel 4.9. Nama rantai utama Keton (IUPAC)

ΣC	Nama	ΣC	Nama
		$C_4H_9 - CO - CH_3$	Heksanon
		$C_5H_{11} - CO - CH_3$	Heptanon
$CH_3 - CO - CH_3$	Propanon	$C_2H_5 - CO - CH_3$	Oktanon
$C_2H_5 - CO - CH_3$	Butanon	$C_2H_5 - CO - CH_3$	Nonanon
$C_3H_7 - CO - CH_3$	Pentanon	$C_2H_5 - CO - CH_3$	Dekanon

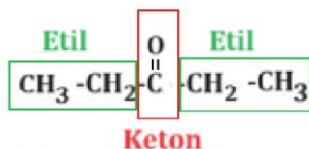
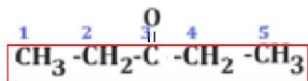
Contoh tatanama Keton:



Nama senyawa
disamping:

IUPAC: 3-pentanon

TRIVIAL: dietil keton



4.7.3 Sifat Keton

1. Kelarutan, keton dengan jumlah karbon sedikit mudah larut di dalam air.
2. Titik didih relatif tinggi, dibandingkan senyawa hidrokarbon lain dengan massa molekul yang hampir sama.
3. Sifat fisik, pada suhu kamar keton dengan jumlah C kecil berupa zat cair, tidak berwarna dan beraroma harum. Keton dengan jumlah karbon menengah berwujud zat cair yang sukar larut, dan keton dengan suku karbon tinggi berwujud padat.

4.7.4 Aplikasi Keton dalam Kehidupan

1. Propanon atau dimetil keton digunakan sebagai pelarut kimia dan juga pembersih cat kuku
2. Kloroasetofenon digunakan sebagai bahan baku gas air mata.

4.8 Asam Karboksilat

Asam karboksilat merupakan senyawa organik bersifat asam yang diperoleh dari reaksi oksidasi berlebih pada alkohol primer.

4.8.1 Tatanama Asam karboksilat

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur asam karboksilat diatur sebagai berikut:

1. Rantai hidrokarbon berakhiran diberi nama dengan awalan asam dan berakhiran -oat (Tabel 4.9).
2. Penomoran dimulai karbon gugus fungsi -COOH .
3. Penentuan cabang: karbon atau rantai karbon yang tidak dilalui rantai utama merupakan cabang dan diberi nama alkil. Jika di sepanjang rantai utama terdapat lebih dari satu cabang maka:
 - a. Cabang sejenis: berjumlah 2 diberi awalan di-; 3 tri-; 4 tetra- dan 5 penta-
 - b. Cabang beda jenis: nama diurutkan alfabet

Urutan Tatanama Asam Karboksilat

Asam_Nomor cabang_Nama cabang_Nama rantai utama

4.8.2 Tatanama Trivial (nama dagang)

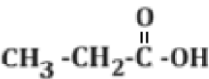
Tabel 4.10. Nama rantai utama Asam Alkanoat (IUPAC)

Σ C	Nama	Σ C	Nama
H-COOH	Asam Metanoat	C ₅ H ₁₁ - COOH	Asam Heksanoat
CH ₃ - COOH	Asam Etanoat	C ₆ H ₁₃ - COOH	Asam Heptanoat
C ₂ H ₅ - COOH	Asam Propanoat	C ₇ H ₁₅ - COOH	Asam Oktanoat
C ₃ H ₇ - COOH	Asam Butanoat	C ₈ H ₁₇ - COOH	Asam Nonanoat
C ₄ H ₉ - COOH	Asam Pentanoat	C ₉ H ₁₉ - COOH	Asam Dekanoat

Tabel 4.11. Nama rantai utama Asam Karboksilat (TRIVIAL)

Σ C	Nama	Σ C	Nama
H-COOH	Asam Format	C ₅ H ₁₁ - COOH	Asam Kaproat
CH ₃ - COOH	Asam Asetat	C ₆ H ₁₃ - COOH	Asam Enantat
C ₂ H ₅ - COOH	Asam Propionat	C ₇ H ₁₅ - COOH	Asam Kapriat
C ₃ H ₇ - COOH	Asam Butirat	C ₈ H ₁₇ - COOH	Asam Pelargonat
C ₄ H ₉ - COOH	Asam Valerat	C ₉ H ₁₉ - COOH	Kaprat

Contoh tatanama Asam karboksilat:



Nama senyawa
disamping:
IUPAC: Asam
Propanoat
TRIVIAL: Asam
Propionat

4.8.3 Sifat Asam karboksilat

1. Kelarutan, asam karboksilat bersifat polar sehingga dapat larut dengan mudah dalam air.
2. Kepolaran, asam karboksilat bersifat polar sehingga dapat membentuk gaya elektrostatik yang kuat antarmolekulnya dan memiliki ikatan hidrogen.
3. Kadar pH rendah, bersifat asam lemah dengan pH kurang dari 7.

4.8.4 Aplikasi Asam karboksilat dalam Kehidupan

1. Asam asetat murni umumnya digunakan oleh industri untuk membuat selulosa asetat.
2. Larutan asam asetat 25% digunakan zat tambahan pada makanan.
3. Asam propionat digunakan untuk produksi asam esetat (Mazumder *et al.*, 2024).

4.9 Ester

Ester merupakan senyawa organik yang terbentuk dari reaksi antara asam karboksilat dan alkohol. Ester memiliki rumus umum $R-COO-R'$ dan memiliki sifat fisika seperti titik didih dan titik leleh lebih rendah dari asam karboksilatnya. Ester dapat ditemukan dalam banyak produk seperti makanan, minyak, dan obat-obatan (Pagning *et al.*, 2016; Wahyuni *et al.*, 2019).

4.9.1 Tatanama Ester

Berdasarkan aturan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), nomenklatur ester diatur sebagai berikut:

1. Rantai hidrokarbon berakhiran -oat (Tabel 4.12).
2. Penomoran dimulai karbon gugus fungsi $-COO-$.

	Urutan Tatanama Ester	
	R1 Alkil_R2 Alkanoat	

4.9.2 Tatanama Trivial (nama dagang): Alkil Alkanoat

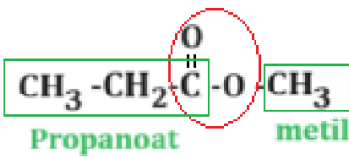
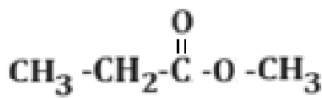
Tabel 4.12. Nama rantai utama Ester (IUPAC)

$\Sigma \text{ C}$	Nama	$\Sigma \text{ C}$	Nama
H-COOR	Metanoat	C ₅ H ₁₁ - COOR	Heksanoat
CH ₃ - COOR	Etanoat	C ₆ H ₁₃ - COOR	Heptanoat
C ₂ H ₅ - COOR	Propanoat	C ₇ H ₁₅ - COOR	Oktanoat
C ₃ H ₇ - COOR	Butanoat	C ₈ H ₁₇ - COOR	Nonanoat
C ₄ H ₉ - COOR	Pentanoat	C ₉ H ₁₉ - COOR	Dekanoat

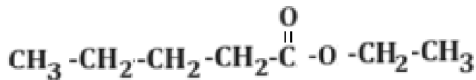
Tabel 4.13. Nama rantai utama Ester (TRIVIAL)

$\Sigma \text{ C}$	Nama	$\Sigma \text{ C}$	Nama
H-COOR	Format	C ₅ H ₁₁ - COOR	Kaproat
CH ₃ - COOR	Asetat	C ₆ H ₁₃ - COOR	Enantat
C ₂ H ₅ - COOR	Propionat	C ₇ H ₁₅ - COOR	Kapriat
C ₃ H ₇ - COOR	Butirat	C ₈ H ₁₇ - COOR	Pelargonat
C ₄ H ₉ - COOR	Valerat	C ₉ H ₁₉ - COOR	Kaprat

Contoh tatanama Ester:



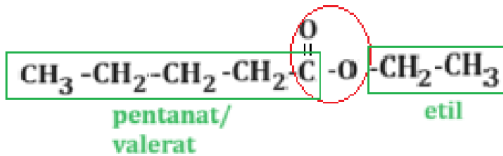
Nama senyawa
disamping:
IUPAC: **Metil**
Propanoat
TRIVIAL: **Metil**
Propionat



Nama senyawa
disamping:

IUPAC: Etil Pentanoat

TRIVIAL: Etil Valerat



4.9.3 Sifat Ester

1. Kelarutan, ester bersifat polar sehingga dapat larut dengan mudah dalam air.
2. Titik didih rendah.
3. Beraroma khas.

4.9.4 Aplikasi Ester dalam Kehidupan

1. Ester dengan rantai karbon pendek umumnya terkandung dalam buah-buahan yang menimbulkan aroma dari buah tersebut, sehingga disebut ester buah-buahan. Senyawa ester buah-buahan ini banyak digunakan sebagai penyedap atau essens, pelarut pada pembuatan cat, dan perekat.
2. Ester yang berasal dari gliserol dengan asam karboksilat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan sabun dan mentega.
3. Ester dari alkohol dan asam karboksilat biasa disebut sebagai lilin (wax), lilin ini berbeda dengan lilin hidrokarbon (paraffin). Kegunaannya ialah untuk pemoles mobil dan lantai (Mazumder *et al.*, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Qasem, M. A., Alquaity, A. B. S., Ahmed, U., Al-Mutairi, E. M., & Abdul Jameel, A. G. (2024). Characterization of soot emitted from the atmospheric combustion of diethyl ether-diesel blends. *Fuel*, 358(September 2023). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.130149>
- Ai, Z., Chen, H., & Liao, X. (2024). Nickel-catalyzed decarboxylative difluoromethylation and alkylation of alkenes. *Chinese Chemical Letters*, 109954. <https://doi.org/10.1016/j.cclet.2024.109954>
- Alifi, A., Saviola, A. J., Wijaya, K., Syoufian, A., Prasetyo, N., Wahyuningsih, P., Fitria, R. A., Hauli, L., Amin, A. K., & Oh, W. C. (2024). Preparation and catalytic evaluation of phosphated zirconia nanopowder for ethanol dehydration into diethyl ether. *Journal of the Indian Chemical Society*, 101(8). <https://doi.org/10.1016/j.jics.2024.101204>
- Doyagüez, E. G. (2005). Boron tribromide. *Synlett*, 10, 1636–1637. <https://doi.org/10.1055/s-2005-868513>
- Fuchibe, K., Matsunobu, T., & Ichikawa, J. (2024). *Synthesis of substituted (trifluoromethyl) alkenes : (Trifluoromethyl) alkylidenation of thioketones via CF 3 -thiiranes*. 275(January).
- Gasque, L., Álvarez-Idaboy, J. R., Flores-Álamo, M., Guzmán-Méndez, Ó., & Campos-Cerón, J. M. (2018). Theoretical and experimental study demonstrates kinetic control in chalcone-flavanone transformation of naphthalene derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1157, 631–637. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.12.078>
- Grüning, N. M., & Ralser, M. (2021). Glycolysis: How a 300yr long research journey that started with the desire to improve alcoholic beverages kept revolutionizing biochemistry. *Current Opinion in Systems Biology*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.coisb.2021.100380>
- Huo, C., Xu, X., Jia, X., Wang, X., An, J., & Sun, C. (2012). Friedel-Crafts alkylation between chalcone epoxides and

- heteroarenes induced by triarylammonium salt. *Tetrahedron*, 68(1), 190–196.
<https://doi.org/10.1016/j.tet.2011.10.062>
- Kajitvichyanukul, P., Lu, M. C., Liao, C. H., Wirojanagud, W., & Koottatep, T. (2006). Degradation and detoxification of formaline wastewater by advanced oxidation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 135(1–3), 337–343.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.11.071>
- Lin, L., Liuyan, J., & Yunyang, W. (2008). Base promoted aerobic oxidation of alcohols to corresponding aldehydes or ketones catalyzed by CuCl/TEMPO. *Catalysis Communications*, 9(6), 1379–1382.
<https://doi.org/10.1016/j.catcom.2007.11.041>
- Mali, G., Verma, I., Arora, H., Rajput, A., Mane, M. V., Kumar, A., & Erande, R. D. (2024). Vanadium (IV)oxo catalyzed One-Pot transformation of cinnamate to aromatic ester and its mechanistic aspects. *Tetrahedron Letters*, 144(June), 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2024.155133>
- Mazumder, A., Heist, A., & Beckingham, B. S. (2024). Transport of carboxylate salts of varying chain lengths in crosslinked polyether membranes. *Journal of Membrane Science*, 699(January).
<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2024.122584>
- Mukherjee, S., Sengupta, A., Preetam, S., Das, T., Bhattacharya, T., & Thorat, N. (2024). Effects of fatty acid esters on mechanical, thermal, microbial, and moisture barrier properties of carboxymethyl cellulose-based edible films. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7(April). <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100505>
- Pagning, A. L. N., Tamokou, J. de D., Khan, M. L., Ali, M. I., Hameed, A., Ngnokam, D., Tapondjou, L. A., Kuiate, J. R., & Ali, M. S. (2016). Antimicrobial, antioxidant and butyrylcholinesterase inhibition activities of extracts and isolated compounds from *Scadoxus pseudocaulus* and semi-synthetic farrerol derivatives. *South African Journal of Botany*, 102, 166–174.
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.06.009>
- Pratika, R. A., Wijaya, K., Utami, M., Mulijani, S., Patah, A., Alarifi,

- S., Ram Mani, R., Kumar Yadav, K., Ravindran, B., Chung, W. J., Chang, S. W., & Munusamy-Ramanujam, G. (2023). The potency of hydrothermally prepared sulfated silica (SO₄/SiO₂) as a heterogeneous acid catalyst for ethanol dehydration into diethyl ether. *Chemosphere*, 341(May). <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139822>
- Tang, C., Chen, K., He, Q. L., Wen, L., Ran, Q., Luo, B., Chang, J. H., & Xue, Y. J. (2024). A comparative study on hydrocarbon detection using cepstrum-based methods. *Journal of Applied Geophysics*, 226(February). <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2024.105412>
- Wahyuni, N. K. D. M. S., Rita, W. S., & Asih, I. A. R. A. (2019). AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK KULIT PISANG KEPOK KUNING (*Musa paradisiaca* L.) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* DAN *Escherichia coli* SERTA PENENTUAN TOTAL FLAVONOID DAN FENOL DALAM FRAKSI AKTIF. *Jurnal Kimia*, 13(1), 9. <https://doi.org/10.24843/jchem.2019.v13.i01.p02>
- Wang, D., Jiang, K., Kong, D., Zhang, J., Shang, F., Gao, P., & Zhang, J. (2024). Surface activity, foamability, and foam stability of binary mixed systems based on siloxane-based Gemini and hydrocarbon surfactants. *Journal of Molecular Liquids*, 406(May). <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.125140>
- Wu, X., Ni, C., Ma, L., Wang, F., Jia, H., & Wang, P. (2024). Tracing of natural gas migration by light hydrocarbons: A case study of the Dongsheng gas field in the Ordos Basin, NW China. *Petroleum Exploration and Development*, 51(2), 307–319. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(24\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(24)60025-X)
- Xing, Y. Y., & Chen, D. Z. (2024). A computational mechanistic study of gold-catalyzed intermolecular alkene difunctionalization/cross-coupling reactions. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1233(February). <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2024.114508>

BAB 5

BIOKIMIA DAN BIOLOGI MOLEKULER DASAR

Oleh Budi Rianto Wahidi

5.1 Pendahuluan

Mengapa mempelajari biokimia dan biologi molekuler begitu penting? Pengetahuan dalam bidang ini memiliki implikasi yang sangat luas, terutama dalam bidang kesehatan. Pemahaman mendalam tentang proses biokimia memungkinkan pengembangan obat-obatan baru, diagnosis penyakit yang lebih akurat, dan terapi yang lebih efektif. Biokimia dan biologi molekuler tidak berdiri sendiri, melainkan saling berkaitan dengan berbagai disiplin ilmu lainnya. Biologi sel mempelajari struktur dan fungsi sel sebagai unit dasar kehidupan, sedangkan genetika mempelajari pewarisan sifat dan variasi genetik (Sukadiono *et al.*, 2023).

Biokimia dan biologi molekuler mencakup berbagai cabang ilmu yang saling terkait. Enzimologi mempelajari enzim sebagai biokatalis yang mempercepat reaksi kimia dalam sel. Metabolisme mempelajari proses-proses kimia yang terjadi di dalam sel untuk menghasilkan energi dan molekul-molekul yang dibutuhkan. Genetika molekuler mempelajari struktur, fungsi, dan replikasi materi genetik. Meskipun telah banyak penemuan penting dalam bidang biokimia dan biologi molekuler, masih banyak tantangan yang harus dihadapi. Salah satu tantangan utama adalah memahami mekanisme penyakit yang kompleks, seperti kanker dan penyakit neurodegeneratif.

Selain itu, pengembangan terapi gen dan sel punca juga merupakan bidang yang terus berkembang dan menjanjikan. Di masa depan, biokimia dan biologi molekuler diharapkan dapat memberikan solusi untuk permasalahan global, seperti kekurangan pangan, perubahan iklim, dan munculnya penyakit baru. Dengan memahami dasar-dasar biokimia dan biologi

molekuler, akan menjadi bekal untuk menghadapi tantangan di masa depan. Bab ini akan mempelajari dan menjelaskan tentang dasar-dasar biokimia dan biologi molekuler.

5.2 Biomolekul: Struktur dan Fungsi

Biomolekul merupakan senyawa organik kompleks yang menjadi dasar kehidupan (Setiadi, 2013). Keempat kelompok utama biomolekul adalah karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat. Karbohidrat berperan sebagai sumber energi utama bagi sel dan juga sebagai komponen struktural pada tumbuhan. Lipid berfungsi sebagai penyimpan energi, komponen membran sel, dan hormon. Protein memiliki beragam fungsi, mulai dari sebagai enzim yang mengkatalisis reaksi biokimia, hingga sebagai komponen struktural dan molekul sinyal. Asam nukleat, yaitu DNA dan RNA, menyimpan dan menerjemahkan informasi genetik yang mengontrol semua aktivitas sel. Masing-masing biomolekul ini memiliki struktur unik yang memungkinkan mereka menjalankan fungsi spesifik dalam organisme hidup (Wahyudiati, 2017).

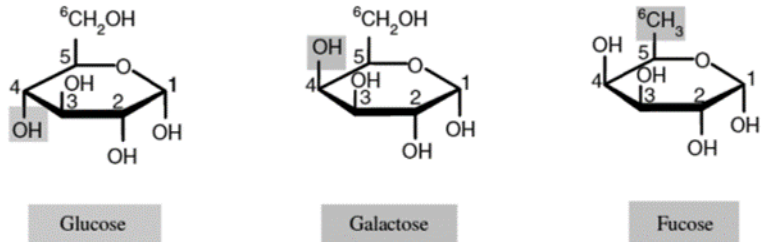
5.2.1 Karbohidrat: Sumber Energi Utama Sel

Karbohidrat merupakan salah satu biomolekul yang paling melimpah di alam dan memiliki peran penting dalam kehidupan organisme. Molekul ini terdiri dari atom karbon, hidrogen, dan oksigen (Abun, 2008) dengan perbandingan atom hidrogen dan oksigen yang sama seperti pada air (H_2O), sehingga sering disebut sebagai hidrat dari karbon. Karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis utama berdasarkan ukuran dan kompleksitas molekulnya, yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida.

1. Monosakarida: Unit Dasar Karbohidrat

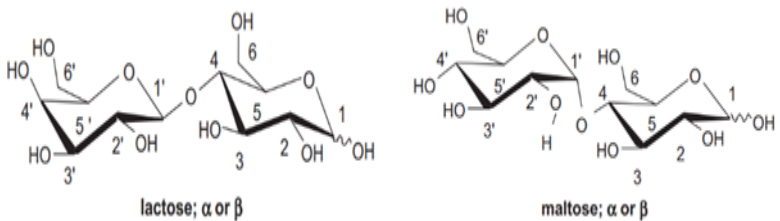
Monosakarida adalah karbohidrat paling sederhana yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang lebih sederhana lagi. Contoh monosakarida yang umum adalah glukosa, fruktosa, dan galaktosa. Monosakarida memiliki struktur siklik atau rantai terbuka (Utami, 2021) dan berfungsi sebagai sumber energi langsung bagi sel. Glukosa

merupakan sumber energi utama bagi sebagian besar organisme (Triana and Salim, 2017).



Gambar 5.1. Struktur Monosakarida (Mijan, Lee and Kwak, 2011)

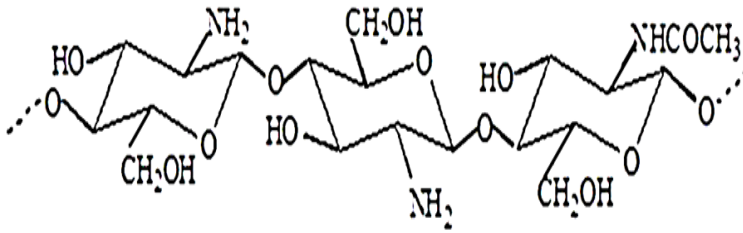
2. Disakarida: Gabungan Dua Monosakarida
 Disakarida terbentuk dari dua molekul monosakarida yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik (Fitri and Fitriana, 2020). Contoh disakarida yang umum adalah sukrosa (gula tebu), laktosa (gula susu), dan maltosa (gula malt). Disakarida harus dihidrolisis menjadi monosakarida terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai sumber energi oleh sel.



Gambar 5.2. Struktur Disakarida (Valgimigli, Gabbanini and Matera, 2013)

3. Polisakarida: Rantai Panjang Monosakarida
 Polisakarida adalah polimer yang terdiri dari ratusan hingga ribuan unit monosakarida yang terhubung melalui ikatan glikosidik (Wang *et al.*, 2020). Polisakarida memiliki berbagai fungsi dalam sel, antara lain sebagai sumber penyimpanan energi, komponen struktural, dan molekul

sinyal. Contoh polisakarida adalah pati, glikogen, selulosa, dan kitin. Pati dan glikogen berfungsi sebagai cadangan energi pada tumbuhan dan hewan, sedangkan selulosa merupakan komponen utama dinding sel tumbuhan dan kitin merupakan komponen utama eksoskeleton serangga.



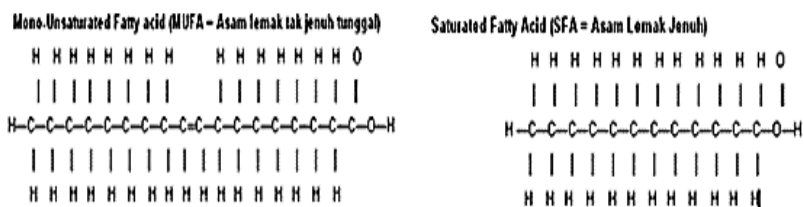
Gambar 5.3. Struktur Polisakarida (Fu, Yang and Guo, 2018)

5.2.2 Lipid: Molekul Beragam Fungsi

Lipid merupakan kelompok senyawa organik yang sangat beragam, umumnya bersifat hidrofobik (tidak larut dalam air) (Jim, 2014) karena sebagian besar strukturnya terdiri dari rantai hidrokarbon. Lipid memiliki peran penting dalam organisme hidup, mulai dari penyusun membran sel hingga sebagai cadangan energi. Secara umum, lipid dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok utama, yaitu asam lemak, gliserida, fosfolipid, dan steroid.

1. Asam Lemak: Unit Dasar Lipid

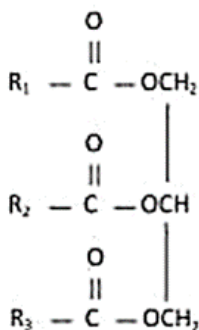
Asam lemak adalah rantai hidrokarbon yang memiliki gugus karboksil (-COOH) pada salah satu ujungnya (Jacoeb, Suptijah and Kamila, 2014). Berdasarkan keberadaan ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya, asam lemak dapat dibedakan menjadi asam lemak jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap) dan asam lemak tak jenuh (memiliki satu atau lebih ikatan rangkap). Perbedaan ini mempengaruhi sifat fisik lipid, seperti titik leleh dan kekentalan.



Gambar 5.4. Asam Lemah Tak Jenuh dan Asam Lemak Jenuh (Sartika and Firdauzy, 2023)

2. Gliserida: Lipid Penyimpan Energi

Gliserida terbentuk dari gliserol yang berikatan dengan satu, dua, atau tiga molekul asam lemak (Siregar and Makmur, 2020). Trigliserida, yang merupakan gliserida dengan tiga molekul asam lemak, merupakan bentuk penyimpanan energi utama pada hewan. Trigliserida disimpan dalam jaringan lemak dan dihidrolisis menjadi asam lemak dan gliserol saat dibutuhkan sebagai sumber energi.

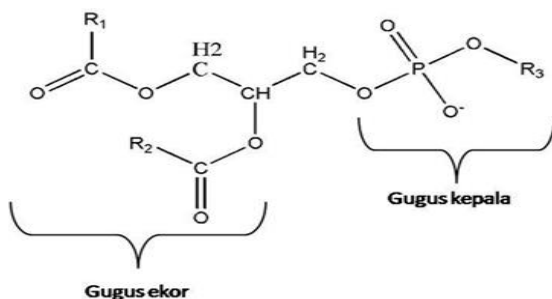


Gambar 5.5. Trigliserida (Destiana, 2021)

3. Fosfolipid: Komponen Utama Membran Sel

Fosfolipid merupakan lipid yang mengandung gugus fosfat (Estiasih *et al.*, 2012). Molekul fosfolipid memiliki bagian kepala yang polar (hidrofilik) dan bagian ekor yang nonpolar (hidrofobik). Struktur amfipatik ini memungkinkan fosfolipid membentuk lapisan ganda (lipid bilayer) yang menjadi komponen utama membran sel. Lipid

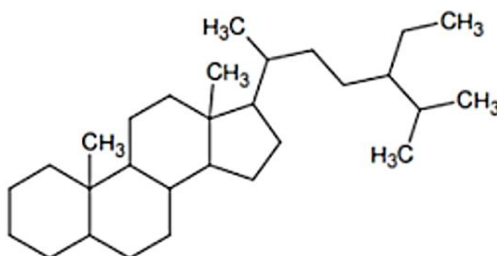
bilayer berfungsi sebagai pembatas sel, mengatur lalu lintas zat masuk dan keluar sel, dan berperan dalam berbagai proses seluler lainnya.



Gambar 5.6. Struktur Fosfolipid (Hudiyanti, 2018)

4. Steroid: Molekul Beraneka Ragam Fungsi

Steroid merupakan lipid yang memiliki struktur dasar berupa empat cincin karbon yang saling terhubung (Nasrudin, Wahyono, Mustofa, 2017). Contoh steroid adalah kolesterol, kolesterol merupakan komponen penting dalam membran sel hewan dan merupakan prekursor bagi sintesis hormon seks (estrogen dan testosteron) dan hormon kortikosteroid. Selain itu, steroid juga berperan dalam berbagai proses metabolisme tubuh.



Gambar 5.7. Struktur Steroid (Anggraeni Putri, Chatri and Advinda, 2023)

5.2.3 Protein: Unit Pembangun Protein

Asam amino adalah senyawa organik yang menjadi unit dasar penyusun protein. Setiap asam amino memiliki gugus

amino ($-\text{NH}_2$), gugus karboksil ($-\text{COOH}$), atom hidrogen, dan satu gugus samping (R) (Adelina, 2020). Terdapat 20 jenis asam amino yang umum ditemukan dalam protein, dan urutan spesifik dari asam amino inilah yang menentukan struktur dan fungsi protein. Ketika dua asam amino ingin bergabung membentuk sebuah dipeptida (protein yang terdiri dari dua asam amino), gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dari satu asam amino bereaksi dengan gugus amino ($-\text{NH}_2$) dari asam amino lainnya. Hasil reaksi ini adalah terbentuknya ikatan kovalen yang kuat dan disebut sebagai ikatan peptida.

Fungsi protein sangat bervariasi, mulai dari menjadi katalis dalam reaksi biokimia sebagai enzim, hingga berperan sebagai pembawa pesan kimia (hormon) yang mengatur berbagai proses fisiologis. Protein juga berperan dalam sistem kekebalan tubuh sebagai antibodi yang melawan patogen, membentuk struktur sel dan jaringan sebagai komponen struktural, serta mengangkut molekul dan ion melintasi membran sel. Selain itu, protein juga dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan zat-zat tertentu. Struktur protein tidak hanya sekadar bentuk fisik, tetapi juga sangat terkait erat dengan fungsinya. Perubahan kecil dalam struktur protein, misalnya akibat mutasi genetik, dapat menyebabkan gangguan fungsi protein dan berdampak pada berbagai proses biologis dalam tubuh.

5.2.4 Asam Nukleat:

Nukleotida adalah molekul organik yang menjadi unit dasar penyusun asam nukleat. Asam nukleat seperti rantai panjang yang terdiri dari manik-manik, dan manik-manik tersebut disebut sebagai nukleotida. Setiap nukleotida terdiri dari tiga komponen utama: basa nitrogen, gula pentosa, dan gugus fosfat (Morihiro *et al.*, 2017). Ada lima jenis basa nitrogen yang umum ditemukan dalam asam nukleat, yaitu adenin (A), guanin (G), sitosin (C), timin (T), dan urasil (U).

1. DNA: Molekul Warisan Genetik

Deoxyribonucleic acid (DNA) adalah jenis asam nukleat yang paling umum. DNA berbentuk *double helix* (tangga spiral) yang terdiri dari dua untai polinukleotida yang saling

berpilin. Kedua untai ini dihubungkan oleh ikatan hidrogen antara basa nitrogen komplementer. Aturan pasangan basa nitrogen pada DNA adalah adenin selalu berpasangan dengan timin (A-T), dan guanin selalu berpasangan dengan sitosin (G-C). DNA mengandung informasi genetik yang menentukan sifat-sifat suatu organisme dan diwariskan dari generasi ke generasi (Nuri and Arum, 2023).

2. RNA: Molekul Pelaksana Informasi Genetik

Ribonucleic acid (RNA) adalah jenis asam nukleat lainnya yang memiliki peran penting dalam ekspresi informasi genetik. Struktur RNA umumnya berupa untai tunggal, meskipun ada beberapa jenis RNA yang memiliki struktur sekunder (Zhou and Bao, 2020). RNA memiliki beberapa jenis, di antaranya mRNA (*messenger RNA*), tRNA (*transfer RNA*), dan rRNA (*ribosomal RNA*). mRNA membawa informasi genetik dari DNA ke ribosom, tempat sintesis protein berlangsung. tRNA membawa asam amino ke ribosom dan rRNA merupakan komponen utama ribosom.

3. Struktur Asam Nukleat

Struktur asam nukleat dapat dibedakan menjadi beberapa tingkat. Tingkat pertama adalah struktur primer, yaitu urutan linier nukleotida dalam suatu untai. Tingkat kedua adalah struktur sekunder, seperti *double helix* pada DNA dan berbagai jenis lipatan pada RNA. Tingkat ketiga adalah struktur tersier, yaitu bentuk tiga dimensi keseluruhan molekul asam nukleat. Struktur asam nukleat sangat penting karena menentukan fungsinya (Minchin and Lodge, 2019).

Asam nukleat memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai tempat penyimpanan informasi genetik dalam bentuk kode genetik (Minchin and Lodge, 2019). Kode genetik ini terdiri dari urutan nukleotida yang menentukan urutan asam amino dalam protein. Protein inilah yang menjalankan berbagai fungsi dalam sel. Selain itu, asam nukleat juga berperan pada proses ekspresi genetik melibatkan transkripsi dan translasi (Chen, Zhao and He, 2016).

Transkripsi adalah proses pembuatan mRNA dari DNA. mRNA kemudian membawa informasi genetik ke ribosom. Translasi adalah proses penerjemahan kode genetik pada mRNA menjadi urutan asam amino dalam protein.

5.3 Biologi Molekuler

Biologi molekuler merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang struktur, fungsi, serta bagaimana molekul-molekul seperti DNA, RNA, dan protein berinteraksi satu sama lain (Wrede, 2007). Dalam biologi molekuler, DNA menjadi pusat perhatian utama karena diyakini sebagai cetak biru kehidupan. Dengan memahami kode genetik yang tersimpan dalam DNA, kita dapat mengungkap rahasia kehidupan organisme. Misalnya, dengan memahami struktur DNA ikan, kita dapat mengembangkan strategi untuk meningkatkan pertumbuhan, ketahanan terhadap penyakit, atau bahkan memanipulasi sifat-sifat ikan untuk tujuan budidaya yang lebih efisien dan berkelanjutan. Subbab ini akan membahas secara mendalam empat teknik dasar yang sering digunakan, yaitu isolasi DNA, *Polymerase Chain Reaction* (PCR), elektroforesis gel, dan kloning.

5.3.1 Isolasi DNA

Isolasi DNA merupakan langkah fundamental dalam penelitian biologi molekuler modern. Proses ini seperti mengekstrak cetak biru kehidupan dari suatu organisme. Dalam konteks bioteknologi, isolasi DNA menjadi pintu gerbang dalam mengungkap rahasia genetik berbagai spesies. Dengan memisahkan molekul DNA dari komponen seluler lainnya seperti protein dan lipid, informasi genetik yang tersimpan di dalam inti sel dapat diketahui. Informasi ini menjadi kunci untuk memahami keragaman genetik, evolusi, serta karakteristik unik dari setiap spesies. DNA yang berhasil diisolasi dapat kemudian digunakan untuk berbagai analisis, seperti PCR, elektroforesis gel, dan kloning.

Beberapa metode umum yang digunakan untuk isolasi DNA meliputi:

1. Metode organik, metode ini menggunakan pelarut fenol-kloroform dan telah lama digunakan sebagai metode standar dalam isolasi DNA. Prinsip kerjanya didasarkan pada perbedaan kelarutan antara DNA, protein, dan lipid dalam campuran fenol-kloroform. Metode ini terbukti efektif dalam memisahkan DNA dari komponen seluler lainnya, terutama pada sampel jaringan yang berukuran besar atau memiliki struktur yang kompleks sehingga sulit dihomogenisasi. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kendala utama dalam metode organik adalah waktu yang relatif lama yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh tahapan isolasi (Kamaliah, 2018). Selain itu, penggunaan fenol-kloroform sebagai reagen utama juga memerlukan penanganan yang sangat hati-hati karena sifatnya yang korosif dan berbahaya. Paparan terhadap zat kimia ini dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan teknisi laboratorium.
2. Metode *salting out*, prinsip dasar metode ini adalah memanfaatkan garam untuk memisahkan DNA dari protein. Ketika konsentrasi garam dalam larutan ditingkatkan, kelarutan protein akan menurun sehingga protein akan mengendap, sementara DNA tetap larut. Kesederhanaan dan kecepatan metode *salting out* menjadikannya pilihan yang menarik (Kamaliah, 2018), terutama untuk sampel jaringan dengan ukuran yang relatif kecil. Dibandingkan dengan metode organik yang menggunakan bahan kimia berbahaya seperti fenol dan kloroform, metode *salting out* menawarkan alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Selain itu, prosedur isolasi DNA dengan metode *salting out* umumnya lebih singkat, sehingga memungkinkan peneliti untuk memproses sejumlah besar sampel dalam waktu yang lebih singkat.
3. Metode kit komersial, kit-kit ini umumnya berisi serangkaian reagen yang telah dioptimalkan untuk mengisolasi DNA dari berbagai jenis sampel, mulai dari jaringan hewan, tumbuhan, hingga mikroorganisme. Dengan mengikuti protokol yang terstandarisasi, peneliti dapat dengan mudah dan cepat memperoleh DNA berkualitas tinggi. Keunggulan utama dari metode kit komersial adalah efisiensi dan kemudahan

penggunaannya (Kamaliah, 2018; Setiaputri *et al.*, 2020). Selain itu, penggunaan reagen yang telah dioptimalkan juga meningkatkan kualitas DNA yang dihasilkan. Namun, kemudahan dan efisiensi ini seringkali diiringi dengan biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode isolasi DNA konvensional.

Kualitas DNA yang dihasilkan dari proses isolasi merupakan faktor krusial dalam keberhasilan penelitian biologi molekuler. DNA yang murni dan utuh sangat diperlukan untuk berbagai aplikasi seperti PCR, sekuensing, dan analisis genomik. Kualitas isolasi DNA dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor yang saling terkait. Salah satu faktor yang paling signifikan adalah jenis sampel (Tunnisa, 2022). Kandungan protein, lipid, dan senyawa polifenol yang bervariasi pada setiap jenis sampel akan memengaruhi efisiensi proses lisis sel dan pemurnian DNA.

Kondisi penyimpanan sampel juga sangat penting. Degradasi DNA dapat terjadi akibat paparan suhu atau kontaminasi oleh enzim nuklease (Toetik Koesbardiati, 2015; Hariyadi, Narulita and Rais, 2018). Oleh karena itu, sampel harus disimpan pada suhu yang tepat dan pada kondisi yang terhindar dari kontaminan. Selain faktor yang berkaitan dengan sampel, kualitas reagen yang digunakan dan teknik isolasi yang diterapkan juga berperan penting. Reagen-reagen seperti buffer lisis, proteinase K, dan etanol memiliki peran spesifik dalam proses isolasi DNA. Penggunaan reagen yang berkualitas tinggi dan konsentrasi yang tepat akan meningkatkan efisiensi isolasi DNA (Sundari and Priadi, 2019; Koentjoro *et al.*, 2021). Di sisi lain, teknik isolasi yang cermat, termasuk pemilihan metode isolasi yang sesuai, penanganan sampel yang hati-hati, dan optimasi waktu sentrifugasi, akan membantu mencegah kerusakan DNA selama proses isolasi.

5.3.2 Polymerase Chain Reaction (PCR)

PCR merupakan teknik revolusioner dalam biologi molekuler yang memungkinkan amplifikasi (perbanyak) secara eksponensial suatu segmen DNA spesifik dalam waktu yang relatif singkat. Prinsip dasar PCR adalah meniru proses

replikasi DNA secara in vitro (Handoyo and Rudiretna, 2001). Teknik ini telah menjadi alat yang sangat penting dalam berbagai bidang penelitian, termasuk bioteknologi perikanan, karena memungkinkan analisis genetik pada sampel DNA yang jumlahnya sangat sedikit. Untuk melakukan reaksi PCR, dibutuhkan beberapa komponen utama, yaitu:

1. DNA template: Segmen DNA yang ingin diamplifikasi.
2. Primer: Dua buah oligonukleotida pendek yang komplementer dengan ujung 5' dan 3' dari segmen DNA target.
3. Enzim DNA polimerase: Enzim ini berfungsi untuk menyambungkan nukleotida-nukleotida bebas menjadi untai DNA baru sesuai dengan cetakan DNA template.
4. *Deoxynucleotide triphosphates* (dNTPs): Bahan penyusun molekul asam nukleat, terdiri dari empat jenis basa nitrogen (adenin, guanin, sitosin, dan timin).
5. Buffer PCR: Larutan yang menyediakan kondisi optimal untuk aktivitas enzim DNA polimerase.

Reaksi PCR berlangsung secara berulang dalam siklus-siklus yang terdiri dari tiga tahap utama. Tahap awal dalam reaksi PCR adalah denaturasi. Pada tahap ini, campuran reaksi yang mengandung DNA template, primer, dNTP, dan enzim DNA polimerase dipanaskan hingga suhu sekitar 95°C. Suhu yang ekstrem ini menyebabkan ikatan hidrogen yang menyatukan kedua untai DNA putus, sehingga terbentuk dua untai tunggal DNA. Pemisahan untai DNA ini sangat penting karena menyediakan template tunggal yang dapat digunakan sebagai cetakan untuk sintesis DNA baru.

Setelah proses denaturasi, suhu reaksi diturunkan secara signifikan menuju suhu annealing (biasanya sekitar 50-65°C). Pada suhu ini, primer-primer oligonukleotida akan berpasangan secara spesifik dengan daerah komplementernya pada untai tunggal DNA template. Pasangan basa yang komplementer akan membentuk ikatan hidrogen yang stabil. Tahap akhir dari siklus PCR adalah ekstensi. Suhu reaksi dinaikkan ke suhu optimal aktivitas enzim DNA polimerase, biasanya sekitar 72°C. Pada suhu ini, enzim DNA polimerase akan mulai menambahkan

nukleotida (dNTP) secara berurutan pada ujung 3' primer, mengikuti urutan basa pada DNA template. Proses perpanjangan untai DNA ini akan menghasilkan salinan DNA yang identik dengan DNA template.

Meskipun PCR merupakan teknik yang sangat kuat, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaannya, diantaranya adalah spesifisitas primer (Anika, Putri and Wahyuni, 2019). Primer yang dirancang harus spesifik untuk target DNA yang ingin diamplifikasi agar menghindari amplifikasi DNA non-spesifik. Kualitas DNA template juga perlu diperhatikan, kualitas DNA template yang buruk dapat menghambat efisiensi PCR apalagi bila terdapat kontaminasi oleh DNA asing yang dapat menghasilkan produk PCR palsu (*false negatif/false positif*) (Fitri, 2019).

5.3.3 Elektroforesis Gel

Elektroforesis gel merupakan teknik pemisahan molekuler yang telah lama digunakan dalam biologi molekuler. Prinsip dasar teknik ini adalah pergerakan molekul bermuatan melalui media semisolid di bawah pengaruh suatu medan listrik (Sundari and Priadi, 2019). Molekul DNA, yang memiliki muatan negatif akan bergerak menuju kutub positif ketika ditempatkan dalam medan listrik. Jenis gel yang digunakan dalam elektroforesis DNA akan mempengaruhi resolusi pemisahan. Gel agarosa umumnya digunakan untuk memisahkan fragmen DNA berukuran besar (ratusan hingga ribuan pasangan basa), sedangkan gel poliakrilamida lebih cocok untuk memisahkan fragmen DNA berukuran kecil (puluhan hingga ratusan pasangan basa).

Pilihan jenis gel akan bergantung pada ukuran fragmen DNA yang ingin dipisahkan dan tingkat resolusi yang diinginkan. Molekul DNA yang lebih kecil akan lebih mudah melewati pori-pori gel dan bergerak lebih cepat dibandingkan molekul DNA yang lebih besar (Adhiyanto, Hendarmin and Puspitaningrum, 2020). Setelah proses elektroforesis selesai, fragmen DNA yang telah terpisah divisualisasi dengan bantuan pewarna yaitu ethidium bromide atau sybr green. Ketika gel yang mengandung DNA telah diwarnai, DNA akan memancarkan fluoresensi.

Intensitas fluoresensi sebanding dengan jumlah DNA yang ada, sehingga memungkinkan kita untuk mengukur konsentrasi DNA dan memperkirakan ukuran fragmen DNA berdasarkan jarak migrasinya dalam gel.

5.3.4 Kloning

Kloning DNA merupakan teknik bioteknologi yang memungkinkan pembuatan salinan identik dari suatu segmen DNA spesifik (Wangko and Kristanto, 2013). Proses ini melibatkan manipulasi genetik untuk memperbanyak suatu gen atau fragmen DNA tertentu dalam jumlah yang sangat besar. Tujuan utama dari kloning DNA adalah untuk memperoleh salinan gen yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti produksi protein rekombinan, analisis fungsi gen, dan pembuatan organisme transgenik. Salah satu komponen penting dalam proses kloning adalah vektor kloning. Vektor kloning adalah molekul DNA yang berfungsi sebagai agen untuk membawa fragmen DNA asing ke dalam sel inang (Seprianto, 2017).

Vektor kloning yang umum digunakan adalah plasmid, yaitu molekul DNA sirkuler ekstrakromosomal yang terdapat pada yeast uniseluler dan bakteri (Mujayana and Nurjanna, 2016). Setelah fragmen DNA target disisipkan ke dalam vektor kloning, konstruksi rekombinan ini kemudian ditransformasikan ke dalam sel inang, biasanya bakteri *Escherichia coli*. Proses transformasi melibatkan insersi DNA rekombinan ke dalam sel inang. Sel inang yang telah menerima vektor rekombinan akan tumbuh dan membelah diri, sehingga menghasilkan koloni bakteri yang masing-masing mengandung banyak salinan vektor rekombinan. Dengan demikian, fragmen DNA target akan teramplifikasi secara eksponensial bersamaan dengan pertumbuhan sel inang.

5.4 Aplikasi Biologi Molekuler

Biologi molekuler telah merevolusi berbagai bidang yang memungkinkan analisis genetik pada tingkat yang sangat detail. Teknik isolasi DNA memungkinkan para peneliti untuk

mengekstrak materi genetik dari berbagai organisme (Lee and Taylor, 1989; Hariyadi, Narulita and Rais, 2018). Analisis terhadap DNA ini memungkinkan identifikasi spesies, keragaman genetik dalam suatu populasi, serta deteksi keberadaan patogen penyebab penyakit. Selain itu, teknik PCR dapat digunakan untuk mengamplifikasi segmen DNA spesifik. Informasi genetik yang diperoleh dari analisis PCR dapat digunakan sebagai dasar untuk melakukan pemuliaan, yaitu pemilihan individu dengan sifat-sifat unggul untuk dijadikan induk dalam proses perkawinan.

Selain untuk analisis genetik, teknik-teknik biologi molekuler juga dapat digunakan untuk menghasilkan produk-produk yang bermanfaat bagi industri. Salah satu contohnya adalah produksi protein rekombinan (Gupta et al., 2016; Langden et al., 2017). Melalui teknik kloning, gen yang mengkode protein tertentu dapat disisipkan ke dalam organisme inang seperti bakteri atau sel ragi. Organisme inang yang telah tertransformasi kemudian akan memproduksi protein target dalam jumlah besar. Protein rekombinan ini memiliki berbagai potensi aplikasi, misalnya sebagai vaksin untuk mencegah penyakit, hormon untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun (2008) 'Karbohidrat Pada Unggas dan Menogastrik', *Jurnal Peternakan*, 1, pp. 4–11.
- Adelina, S. (2020) 'Asam amino, Peptida, dan Protein', *Buku Ajar Blok 3 Biologi Sel*, 1, pp. 1–47.
- Adhiyanto, C., Hendarmin, L. and Puspitaningrum, R. (2020) 'Pengenalan Dasar Teknik Bio-Molekuler', *Teknik Biomolekuler*, pp. 23–34.
- Anggraeni Putri, P., Chatri, M. and Advinda, L. (2023) 'Characteristics of Saponin Secondary Metabolite Compounds in Plants', *Biologi Serambi*, 8(2), pp. 251–258.
- Anika, M., Putri, D.H. and Wahyuni (2019) 'Primer Design for Identification Of Beta-Carotene Encoding Genes In Cassava', *Bio Sains*, 4(1), pp. 39–47.
- Chen, K., Zhao, B.S. and He, C. (2016) 'Nucleic Acid Modifications in Regulation of Gene Expression', *Cell Chemical Biology*, 23(1), pp. 74–85.
<https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2015.11.007>.
- Destiana, I.D.M.N. (2021) *Teknologi Minyak Lemak*.
<https://www.researchgate.net/publication/351491961>.
- Estiasih, T. *et al.* (2012) 'Ekstraksi Dan Fraksinasi Fosfolipid Dari Limbah Pengolahan Minyak Sawit [Extraction And Fractionation Of Phospholipids From The Waste Of Palm Oil Processing]', *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, XXI(2), pp. 152–159.
- Fitri, A.S. and Fitriana, Y.A.N. (2020) 'Analisis Senyawa Kimia pada Karbohidrat', *Sainteks*, 17(1), p. 45.
<https://doi.org/10.30595/sainteks.v17i1.8536>.
- Fitri, R.A. (2019) 'Perbandingan Metode Pcr (Polymerase Chain Reaction) Konvensional Dengan Metode Pcr Portable Kit Untuk Deteksi White Spots Syndrome Virus (Wssv) Pada Udang Vannamei', *Universitas Muhammadiyah Pontianak*, 8(1), pp. 67–76.
- Fu, J., Yang, F. and Guo, Z. (2018) 'The chitosan hydrogels: from structure to function', *New Journal of Chemistry*, 42(21), pp. 17162–17180. <https://doi.org/10.1039/C8NJ03482F>.

- Gupta, V. *et al.* (2016) 'Basic and applied aspects of biotechnology', *Basic and Applied Aspects of Biotechnology*, pp. 1-520. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0875-7>.
- Handoyo, D. and Rudiretna, A. (2001) 'Prinsip umum dan pelaksanaan Polymerase Chain Reaction (PCR)', *Unitas*, 9(1), pp. 17-29.
- Hariyadi, S., Narulita, E. and Rais, A. (2018) 'Perbandingan Metode Lisis Jaringan Hewan dalam Proses Isolasi DNA Genom pada Organ Liver Tikus Putih (*Rattus norvegicus*)', *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), pp. 689-692.
- Hudiyanti, D. (2018) *Fosfolipida: Biosurfaktan*, Deepublish Yogyakarta / Penerbit Buku Deepublish.
- Jacoeb, A.M., Suptijah, P. and Kamila, R. (2014) 'The Contents af Fatty Acid, Cholestrol, and Description of Tissue in Fresh and Boiled Eel', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(2). <https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i2.8704>.
- Jim, E.L. (2014) 'Metabolisme Lipoprotein', *Jurnal Biomedik (Jbm)*, 5(3). <https://doi.org/10.35790/jbm.5.3.2013.4335>.
- Kamaliah (2018) 'Modifikasi metode ekstraksi dna pada susu pasteurisasi', *Jurnal Bioleuser*, 2(2), pp. 29-35.
- Koentjoro, M.P. *et al.* (2021) 'Modifikasi Metode Isolasi Dna Cetyl Trimethylammonium Bromide (Ctab) Untuk Sampel Epitel Pipi Manusia', *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*, 2(2), pp. 115-127. <https://doi.org/10.53699/joimedlabs.v2i2.54>.
- Langden, S.S.S. *et al.* (2017) 'Transformasi dan Cloning Plasmid', *Jurnal Akademika Biologi*, 6(1), pp. 65-70.
- Lee, S.B. and Taylor, J.W. (1989) 'Isolation of Dna From', *Pcr Protocols: a Guide To Methods and Applications*, pp. 282-287. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50038-X>.
- Mijan, M. Al, Lee, Y.K. and Kwak, H.S. (2011) 'Classification, structure, and bioactive functions of oligosaccharides in milk', *Korean Journal for Food Science of Animal*

- Resources*, 31(5), pp. 631–640.
<https://doi.org/10.5851/kosfa.2011.31.5.631>.
- Minchin, S. and Lodge, J. (2019) 'Understanding biochemistry: Structure and function of nucleic acids', *Essays in Biochemistry*, 63(4), pp. 433–456.
<https://doi.org/10.1042/EBC20180038>.
- Morihiro, R.V.S.. *et al.* (2017) 'Identifikasi Perubahan Struktur Dna Terhadap Pembentukan Sel Kanker Menggunakan Dekomposisi Graf', *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), p. 153.
<https://doi.org/10.35799/jis.17.2.2017.17368>.
- Mujayana, M. and Nurjanna, N. (2016) 'Teknik Isolasi DNA Plasmid dari Bakteri Terkonstruksi Gen Antivirus pmAV', *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 13(1), pp. 67–71.
<http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/btla/article/view/846>.
- Nasrudin, Wahyono, Mustofa, R.A. (2017) 'Isolasi Senyawa Steroid Dari Kulit Akar Senggugu (*Clerodendrum serratum* L.Moon)', *PHARMACON :Journal ilmiah Farmasi - UNSRAT*, 6(3).
- Nuri and Arum (no date) 'Potensi DNA Sebagai Penguat Flavour', pp. 119–124.
- Sartika, R.A.D. and Firdauzy, N.A. (2023) 'Gizi Makro dan implikasinya terhadap kesehatan', *Gizi Kesmas*, 2(4), pp. 4–7.
- Seprianto (2017) 'Modul mata kuliah rekayasa genetika', (Ibt 431), pp. 1–75.
- Setiadi, R. (2013) 'Pengantar Biokimia', *Biokimia*, pp. 1–42.
- Setiaputri, A.A. *et al.* (2020) 'Perbandingan Metode Isolasi DNA pada Produk Perikanan Segar dan Olahan', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), pp. 447–458. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32314>.
- Siregar, F.A. and Makmur, T. (2020) 'Metabolisme Lipid Dalam Tubuh', *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*, 1(2), pp. 60–66. <http://ejournal.delihusada.ac.id/index.php/JIKM>.
- Sukadiono, P.: *et al.* (2023) *Bahan Ajar Biologi Sel Buku Ajar Biologi Sel*.
- Sundari, S. and Priadi, B. (2019) 'Teknik Isolasi dan Elektroforesis DNA Ikan Tapah', *Buletin Teknik Litkayasa*

Akuakultur, 17(2), pp. 87–90.

- Toetik Koesbardiati, A.S.A.Y. (2015) 'Pengaruh Lama Paparan Suhu Kamar Terhadap Kualitas DNA pada Pemeriksaan SWAB Earphone dalam Penentuan Jenis Kelamin', *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 17(1), p. 33. <https://doi.org/10.20473/jbp.v17i1.2015.33-45>.
- Triana, L. and Salim, M. (2017) 'Perbedaan Kadar Glukosa Darah 2 Jam Post Prandial', *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, 1(1), p. 51. <https://doi.org/10.30602/jlk.v1i1.97>.
- Tunnisa, W. (2022) 'Optimasi Ekstraksi DNA dan Amplifikasi Gen Spesifik ndh F pada Tiga Aksesori Rumput Kikuyu (*Pennisetum clandestinum* Hochst . ex Chiov) Asal Jawa Barat', *Skripsi, Universitas Islam Syarif Hidayatullah*, p. 52.
- Utami, A. (2021) '(RPS) Dan Modul Pembelajaran Biokimia Oleh : Astria Utami NPM : 1411060265 Jurusan : Pendidikan Biologi Pembimbing : Aulia Novitasari , M . Pd Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri'.
- Valgimigli, L., Gabbanini, S. and Matera, R. (2013) 'Chapter 26. Analysis of Maltose and Lactose by U-HPLC-ESI-MS/MS', (January), pp. 443–463. <https://doi.org/10.1039/9781849734929-00443>.
- Wahyudiati, D. (2017) *Kependidikan mipa*.
- Wang, B.T. *et al.* (2020) 'Studies of cellulose and starch utilization and the regulatory mechanisms of related enzymes in Fungi', *Polymers*, 12(3), pp. 1–17. <https://doi.org/10.3390/polym12030530>.
- Wangko, S. and Kristanto, E. (2013) 'Kloning Manfaat Versus Masalah', *Jurnal Biomedik (jbm)*, 2(2). <https://doi.org/10.35790/jbm.2.2.2010.847>.
- Wrede, P. (2007) 'Molecular biology: Self-sustaining chemistry', *Chemistry Central Journal*, 1(1), pp. 1–3. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-1-25>.
- Zhou, N. and Bao, J. (2020) 'RNAdb: An online tutorial and data portal for the RNA structurome era', *BioSystems*, 189, p. 104065. <https://doi.org/10.1016/j.biosystems.2019.104065>.

BAB 6

APLIKASI KIMIA ORGANIK DAN HAYATI DALAM KESEHATAN DAN OBAT-OBATAN

Oleh Yoga Priastomo

6.1 Pendahuluan

Kimia organik dan hayati merupakan cabang ilmu kimia yang saling berhubungan dan memiliki peranan penting dalam bidang farmasi dan kedokteran. Kedua bidang tersebut mempelajari pengembangan obat, sifat-sifat fisika dan kimia, dan optimasi molekul organik terhadap aktivitas farmakologis. Molekul organik yang diperoleh dari hasil sintesis maupun ekstrak bahan alam banyak dimanfaatkan sebagai obat untuk terapi berbagai penyakit.

Kimia organik berkonsentrasi pada struktur, sifat dan reaktivitas molekul organik. Pakar kimia organik menggunakan beberapa teknik dan metode untuk mensintesis senyawa baru, mengoptimasi sifat-sifatnya, serta mengevaluasi aktivitas farmakologi. Kimia hayati berkonsentrasi pada proses-proses kimia yang terjadi di dalam organisme hidup. Dalam ilmu kimia hayati melibatkan beberapa senyawa metabolit primer dan sekunder serta mempelajari aktivitas farmakologinya untuk pengembangan obat berbasis bahan alam.

Struktur molekul organik yang diperoleh dari hasil rekayasa molekul dan atau dari ekstrak bahan alam memainkan peran penting dalam aktivitas farmakologi. Hasil penemuan dan interpretasi struktur senyawa metabolit dalam bahan alam dapat memberikan informasi mengenai suatu bentuk molekul yang memiliki aktivitas farmakologi. Sementara itu, pendekatan rekayasa molekul melalui proses sintesis dapat meningkatkan aktivitas farmakologi suatu molekul organik dengan merekayasa gugus fungsinya. Oleh karena itu, pada bab ini akan dijelaskan

mengenai beberapa gugus fungsi dalam molekul organik yang memiliki aktivitas farmakologi sehingga dapat diaplikasikan dalam bidang kesehatan dan obat-obatan.

6.2 Antikanker

Kanker merupakan kelompok penyakit ketika sel-sel tidak normal tumbuh tidak terkendali melampaui batas normalnya yang dapat menyerang hampir seluruh organ dan jaringan tubuh. Penyebab utama kematian manusia akibat kanker adalah adanya proses metastasis di mana sel kanker telah menyerang dan menyebar ke bagian organ atau jaringan lain yang berdekatan. Kanker sering disebut juga dengan neoplasma dan tumor ganas.

Menurut Badan Kesehatan Dunia (*World Health Organisation/WHO*) menyatakan bahwa, kanker menjadi penyakit mematikan nomor satu di dunia. Tercatat pada tahun 2020, sebanyak 10 juta penduduk di dunia meninggal akibat penyakit kanker. Beberapa jenis kanker yang menyebabkan kematian di tahun 2020 adalah kanker payudara (2,26 juta jiwa), kanker paru (2,21 juta jiwa), kanker kolon dan rektum (1,93 juta jiwa), kanker prostat (1,41 juta jiwa), kanker kulit (1,20 juta jiwa) dan kanker lambung (1,09 juta jiwa). Adapaun data menyebutkan bahwa kanker paru menjadi peringkat pertama kanker paling mematikan di dunia (1,8 juta kematian) disusul dengan kanker kolon dan rektum, kanker lambung, kanker hati dan kanker payudara (WHO, 2022).

Penyebab pertumbuhan sel kanker akibat adanya transformasi sel normal menjadi sel tumor melalui beberapa tahap atau fase. Transformasi tersebut diakibatkan oleh adanya faktor internal yaitu genetik dan beberapa faktor eksternal seperti:

1. Karsinogen fisik seperti radiasi ultraviolet
2. Bahan kimia karsinogen yang meliputi komposisi tembakau, aflatoksin (kontaminasi makanan), cemaran logam berat, dan alkohol
3. Materi biologis karsinogen yang meliputi infeksi virus, bakteri, dan parasit.

Pada tahun 2018, WHO melaporkan sekitar 13% kasus kanker diakibatkan oleh adanya infeksi bakteri dan virus, diantaranya *Helicobacter pylori*, *Human Papiloma Virus* (HPV), Hepatitis B, Hepatitis C, dan *Epstein Barr Virus* (EBV). Virus Hepatitis B dan Hepatitis C serta HPV meningkatkan potensi terkena kanker liver dan serviks (leher rahim) (Martel, 2020).

Pengobatan penyakit kanker dapat ditempuh dengan berbagai cara yaitu operasi, radiasi, dan terapi sistemik yang meliputi kemoterapi, terapi hormonal, terapi penggunaan obat. Penggunaan obat untuk terapi penyembuhan dan meminimalisasi risiko kematian akibat kanker masih terus diterapkan. Namun demikian, timbulnya risiko penurunan indeks selektivitas obat terhadap sel kanker menjadi masalah besar. Hal ini berakibat terhadap penurunan efikasi obat dalam menekan pertumbuhan sel kanker. Timbulnya masalah tersebut mendorong para peneliti untuk menemukan kandidat obat kanker baru.

Dalam kaitannya penemuan obat antikanker baru, para peneliti kimia organik dan hayati melakukan kajian terhadap struktur molekul organik yang berpotensi sebagai antikanker dari rekayasa molekul dengan proses sintesis dan atau dari ekstraksi bahan alam. Beberapa molekul dari hasil sintesis telah memperoleh persetujuan dari Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat/ *Food Drugs and Administration* (FDA) telah melegalkan obat antikanker dari hasil sintesis molekul organik. Selain itu beberapa bahan alam yang mengandung senyawa metabolit primer dan sekunder, memiliki aktivitas antikanker dan berpotensi untuk dikembangkan menjadi obat herbal antikanker.

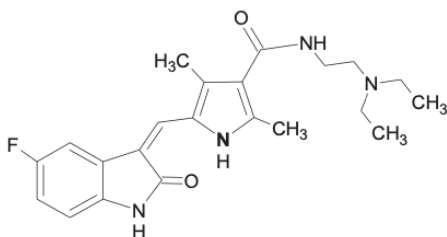
Senyawa heterosiklis merupakan golongan senyawa organik dengan struktur cincin yang mengandung atom selain karbon, yaitu nitrogen, belereang, dan oksigen. Penggunaan senyawa golongan heterosilkis sebagai bioisotere untuk berbagai gugus fungsi merupakan langkah strategis untuk mengembangkan penemuan obat baru yang aman secara klinik yaitu dengan meningkatkan afinitas dan potensi terhadap target. Selain itu, gugus heterosilkis dapat memodulasi sifat-sifat

seperti kelarutan, lipofilitas, polaritas, dan kapasitas ikatan hidrogen.

Food Drugs and Administration (FDA) menyetujui bahwa molekul kecil, N-heterosiklis (golongan senyawa heterosiklis yang mengandung atom N) sebagai kerangka struktur utama molekul organik dari obat-obatan yang telah beredar di pasar. Hasil analisa menunjukkan bahwa kurang lebih 84% jumlah total molekul mengandung setidaknya satu atom nitrogen, sementara 59% mengandung setidaknya satu N-heterosiklis (Vitaku, 2014).

Penggunaan senyawa heterosiklis dalam penemuan dan pengembangan obat semakin ditekankan. Hal ini terlihat dari hasil penelitian Martins (2015) melaporkan bahwa FDA telah menyetujui senyawa heterosiklis sebagai obat kanker. Sebanyak 26 dari 40 obat kemoterapi baru yang disetujui oleh FDA mengandung fragmen heterosiklis dalam komposisi molekulernya. Diantara beberapa golongan senyawa heterosiklis, 73% berbasis nitrogen, 15% nitrogen-oksigen, 8% oksigen, dan 4% nitrogen-sulfur.

Pirol merupakan golongan senyawa N-heterosiklis cincin lima aromatis yang memiliki aktivitas antikanker. Aktivitas antikanker dari golongan senyawa pirol yaitu adanya kemampuan dari senyawa tersebut sebagai inhibitor reseptor tirosin kinase. Reseptor tirosin kinase bertanggung jawab terhadap pertumbuhan sel kanker. Sebagai contoh pada Gambar 6.1 yang menunjukkan struktur molekul sutinib (obat kanker komersil). Jika dilihat lebih detail bahwa di dalam struktur sutinib mengandung cincin N-heterosiklis yaitu pirol.



Gambar 6.1. Struktur Molekul Sutinib/obat antikanker komersil
(Petri, 2020)

6.3 Antimikroba

Penyakit infeksi disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, parasit dan jamur. Penyakit infeksi dapat menyebar baik secara langsung maupun tidak langsung, dari pasien terinfeksi ke orang lain. Golongan penyakit infeksi dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori :

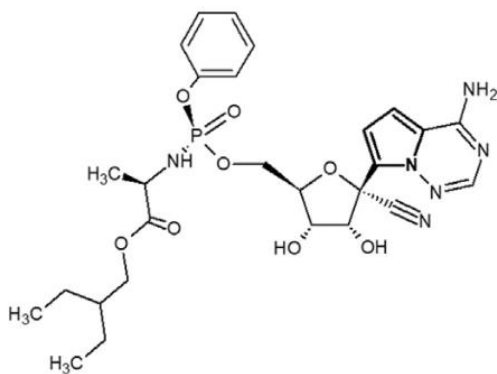
1. Penyakit yang menyebabkan tingkat kematian tinggi;
2. Penyakit yang menyebabkan tingkat kecacatan berat bagi penduduk;
3. Penyakit yang karena sifat penyebarannya cepat dan tidak terkendali sehingga memiliki dampak serius secara global (potensi pandemi).

Pencegahan dan pengobatan penyakit infeksi dapat dilakukan dengan pemberian vaksin dan obat yang memiliki aktivitas antimikroba (antibiotik) dan antivirus. Pengobatan dengan menggunakan antibiotik ditujukan kepada pasien yang mengalami infeksi bakteri, jamur dan parasit. Sementara, pemberian antivirus ditujukan kepada pasien yang mengalami infeksi akibat virus. Peranan ilmu kimia organik dan hayati dalam meminimalkan angka kesakitan dan kejadian penyakit infeksi yaitu dengan mengembangkan dan menemukan struktur molekul organik yang mempunyai aktivitas antimikroba dan antivirus (WHO, 2024).

Resistensi beberapa bakteri patogen terhadap antibiotik menjadikan motivator bagi peneliti untuk segera menemukan antibiotik baru. Molekul organik yang mengandung cincin pirol juga telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba (antibakteri dan antijamur). Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa molekul turunan 3-imidazolil pirol memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi terhadap bakteri Gram-positif maupun Gram-negatif. Selain itu, turunan pirol tersebut memiliki aktivitas antijamur terhadap jamur patogen *Candida albicans*. Aktivitas antimikroba turunan senyawa pirol tersebut disebabkan oleh molekul tersebut mampu penetrasi ke dalam sel bakteri dan jamur serta dapat berinteraksi dengan materi genetik/DNA bakteri dan

jamur. Oleh karena itu, turunan senyawa organik pirol berpeluang besar untuk dikembangkan menjadi antibiotik.

Molekul organik yang mengandung senyawa n-heterosiklis, pirol, mempunyai aktivitas sebagai antivirus. Remdesivir sebagai salah satu obat antivirus yang sudah dilegalkan oleh FDA, secara molekuar mengandung cincin pirol (Gambar 6.2). Antivirus remdesivir memiliki spektrum luas yang digunakan untuk pengobatan infeksi virus Ebola (EBOV), *Middle East Respiratory Syndrom* (MERS), dan *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 1* (SARS-Cov 1). Pada tahun 2020, FDA memberikan izin penggunaan remdesivir untuk pengobatan *emergency* bagi pasien terinfeksi virus covid-19 (Wu, 2020). Para peneliti telah mengkaji pada tingkat molekular bahwa bagian pirolotriazina struktur molekul remdesivir mampu berinteraksi hidrofobik dengan dua asam amino penting pada virus covid-19 yaitu asam amino Tirosine/Tyr131 dan Tyr401 [Chan,2020].



Gambar 6.2. Struktur Molekul Remdesivir
(Petri, 2020)

Hasil penelitian terbaru telah melaporkan bahwa turunan pirol mampu menghambat aktiitas enzim HIV 1 *integrase* di mana enzim tersebut memainkan peran penting dalam replikasi virus HIV 1. Selain itu, enzim tersebut berperan dalam penggabungan kromosom salinan DNA virus untai ganda yang disintesis di dalam genom DNA sel inang. Corona (2016) telah mengkaji bahwa molekul asam pirolil-diketo mampu

menghambat replikasi virus HIV 1 melalui interaksinya dengan kofaktor ion magnesium pada sisi aktif enzim HIV 1 integrase dan HIV 1 *reverse-transcriptase* terhubung dengan sisi aktif RNase H. Selain itu, molekul tersebut juga dapat berinteraksi dengan komponen asam amino penting pada struktur enzim diantaranya asam amino Prolin (Pro145) dan Glisin (Gln146 dan Gln148).

6.4 Antimalaria

Malaria adalah penyakit infeksi yang menyebar ke manusia melalui perantara nyamuk *Anopheles*. Kejadian infeksi malaria banyak ditemukan di negara tropis. Walaupun penyakit ini dapat mengancam jiwa, malaria dapat disembuhkan dan dicegah. Malaria dapat dicegah dengan menghindari gigitan nyamuk dan atau dengan obat. Pengobatan diberikan untuk mencegah buruknya kondisi klinis dari orang yang terinfeksi.

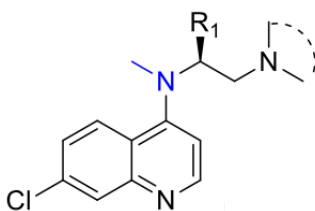
Penularan malaria utamanya melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina yang terinfeksi oleh *Plasmodium*. Transfusi darah dan jarum yang terkontaminasi juga menjadi media penularan. Ada lima spesies parasit *Plasmodium* yang dapat menyebabkan infeksi malaria ke manusia. *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* merupakan dua species *Plasmodium* yang mengancam paling besar. *Plasmodium falciparum* adalah parasit yang paling mematikan dan menjadi spesies paling dominan atas kasus kejadian malaria di Afrika. *Plasmodium vivax*, spesies parasit malaria yang kasus kejadiannya paling banyak di negara selain Afrika. Sementara itu, tiga spesies lain yang dapat menginfeksi manusia adalah *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium knowlesi*.

Diagnosa awal dan pengobatan terhadap infeksi malaria dapat menurunkan kasus kesakitan, kematian dan penularan. Infeksi malaria bersifat serius dan sangat membutuhkan obat. Pemberian dan penggunaan obat malaria didasarkan utamanya pada jenis malaria dan resistensi obat terhadap jenis parasit *Plasmodium*. Kombinasi obat artemisinin merupakan obat yang paling efektif untuk spesies *Plasmodium falciparum*. Kloroquin direkomendasikan untuk infeksi malaria akibat

Plasmodium vivax. Primaquin sebagai tambahan obat untuk infeksi akibat *Plasmodium vivax* dan *Plasmodium ovale*.

Malaria dapat disembuhkan dengan pemberian obat antimalaria yang tepat. Namun demikian, obat yang ada sekarang telah mengalami resistensi. WHO melaporkan bahwa artemisinin mengalami resistensi parsial di Afrika. Monitoring terhadap efikasi obat antimalaria sangat dibutuhkan untuk kebijakan pengobatan endemik malaria di berbagai negara dan memastikan deteksi dan respons awal terdapat resistensi obat. Salah satu cara untuk menanggulangi resistensi obat antimalaria yaitu dengan menemukan obat antimalaria yang baru.

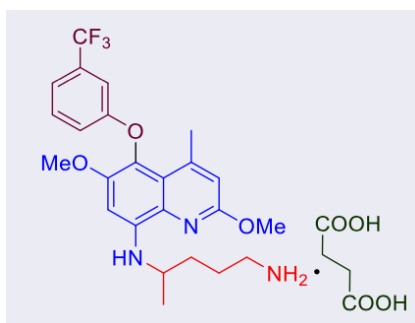
Peran kimia organik dalam menemukan obat antimalaria baru akan memberikan informasi secara rinci jenis obat yang cocok melalui pendekatan struktur molekul obat. Klorokuin merupakan obat komersial yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan plasmodium yang ada di dalam sel darah merah sebagai penyebab malaria. Secara struktur kimiawi, klorokuin merupakan golongan dari senyawa aromatis yang mempunyai cincin pridin. Artemisinin, obat komersil yang diijinkan untuk pengobatan infeksi malaria. Artemisinin merupakan senyawa kimia organik yang diperoleh dari ekstrak tanaman *Artemisia annua* (tanaman obat dari China). Secara struktur Artemisinin turunan dari lakton. Namun demikian, obat-obat tersebut telah mengalami resistensi terhadap plasmodium.



Gambar 6.3. Struktur Molekul 4-Metilaminokuinolin
(Tiwari, 2021)

Resistensi obat antimalarial menjadi masalah global yang perlu diselesaikan. Peran kimia organik dan hayati dalam menghadapi masalah tersebut yaitu dengan menemukan obat

baru melalui pendekatan teknologi sintesis dan ekstraksi dari bahan alam. Tiwari (2021) melakukan sintesis beberapa senyawa turunan 4-metilaminokuinolin yang terbukti dapat menghambat pertumbuhan plasmodium secara *in vitro*. Senyawa 4-metilaminokuinolin memiliki struktur analog dengan klorokuin yaitu mempunyai cincin aromatis piridin (Gambar 6.3). Potensi senyawa 4-metilaminokuinolin memberikan harapan baru bagi dunia akan ditemukannya obat pengganti malaria yang telah mengalami resistensi. Kavthe (2022) melakukan sintesis senyawa tafenukuin suksinat yang terbukti juga dapat menghambat pertumbuhan plasmodium secara *in vitro*. Secara struktur senyawa tersebut juga memiliki cincin piridin (Gambar 6.4).



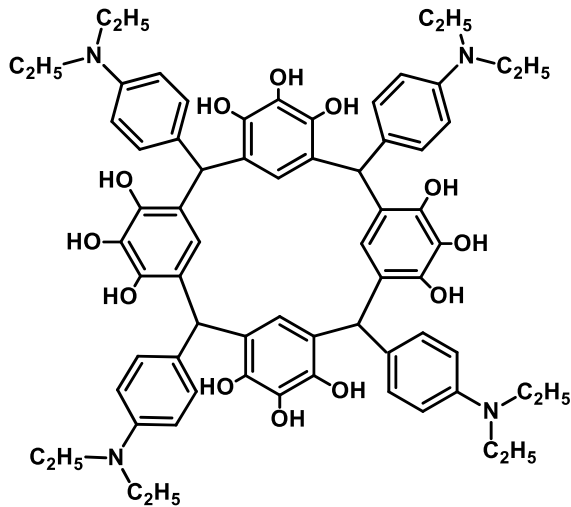
Gambar 6.4. Struktur Molekul Tafenukuin Suksinat
(Kavthe, 2024)

6.5 Antihiperpigmentasi

Hiperpigmentasi adalah gangguan pada pigmen kulit wajah yang terjadi karena peningkatan melanogenesis yang menghasilkan penggelapan warna kulit. Meskipun melanin bersifat fotoprotektif, akumulasi melanin yang tidak merata pada kulit dapat menyebabkan melanoderma, melasma, lentigo, hiperpigmentasi pascainflamasi, dan vitiligo (Gillbro et al., 2011). Hiperpigmentasi menjadi salah satu masalah estetika kulit yang sering dikeluhkan masyarakat khususnya yang tinggal di daerah beriklim tropis seperti Indonesia dan terutama oleh kaum perempuan.

Hingga saat ini, solusi masalah hiperpigmentasi kulit masih menggantungkan kepada produk kosmetik pencerah kulit (*brightening skin*). Pencerah kulit merupakan sediaan kosmetik yang dibuat untuk memperbaiki penampakan kulit dengan mengubah warna gelap yang menyeluruh/sebagian menjadi lebih terang dan merata. Berdasarkan data statistika, sekitar 15% dari populasi di dunia menggunakan produk pencerah kulit untuk mengurangi hiperpigmentasi. Produk pencerah kulit populer di Asia karena kulit putih dan cerah dianggap sebagai kriteria kecantikan. Pada orang-orang negara Barat ataupun bagi orang yang mengalami gangguan pigmentasi, mereka menggunakan produk pencerah kulit untuk mengatasi bintik hitam akibat paparan sinar matahari, gangguan hormonal atau pasca perawatan inflamasi (Couteau and Coiffard (2016); Pillaiyar et al., 2017). Dengan demikian, permintaan akan produk pencerah kulit akan terus berkembang.

Menurut Couteau dan Coiffard (2016) mekanisme aksi pencerah kulit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa mekanisme, salah satu diantaranya inhibitor tirosinase (penghambat aktivitas enzim tirosinase). Tirosinase adalah enzim monooksigenase yang berperan sebagai katalisator pada reaksi hidroksilasi monofenol menjadi bentuk difenol (monofenolase) dan oksidasi difenol menjadi quinon (difenolase). Tirosinase memainkan peranan penting dalam pembentukan melanin selama proses melanogenesis. Hal ini karena tirosinase memiliki atom tembaga (Cu) yang merupakan suatu sisi aktif (*active site*) untuk berikatan dengan substrat (L-tirosin dan L-DOPA) pada proses pembentukan melanin (Ramsden and Patrick, 2010).



Gambar 6.5. Struktur Molekul Salah Satu Turunan Kaliks[4]pirogallolarena (Jumina, 2021)

Hidrokuinon merupakan senyawa fenolik yang digunakan sebagai standar untuk mengobati hiperpigmentasi sejak 50 tahun yang lalu. Namun demikian, hidrokuinon mempunyai efek sitotoksik yang tinggi dan berbahaya untuk digunakan. Oleh karena itu, penggunaan hidrokuinon telah dibatasi dan digantikan oleh arbutin dan asam kojat (Vashi and Kundu, 2013). Namun, arbutin dan asam kojat memiliki efek negatif, yaitu dermatitis, sensitisasi, dan eritema. Sementara itu, agen pencerah kulit lainnya yang digunakan saat ini adalah asam askorbat yang tidak stabil pada temperatur dan intensitas cahaya tinggi (Gillbro, 2011; Chen, 2015). Permasalahan tersebut mendorong peneliti untuk menemukan agen pencerah kulit baru yang dapat menghambat melanogenesis tetapi tidak memiliki efek buruk terhadap tubuh.

Kaliks[4]pirogallolarena merupakan salah satu senyawa makrosiklik turunan fenol yang berbentuk seperti vas bunga dengan kelimpahan 12 gugus fenolik pada bagian atas (*upper rim*) dan beberapa gugus fungsi lain yang berada pada bagian bawah (*lower rim*). beberapa turunan kaliks[4]pirogallolarena khususnya dari *p*-hidroksi benzaldehida, vanillin dan *p*-N,N

dietilamino benzaldehida memiliki aktivitas inhibisi tirosinase (penghambat enzim tirosinase) yang baik, khususnya turunan p-N,N dietilamino benzaldehida ($IC_{50} = 38,91 \pm 0,39$ mg/L) memiliki nilai IC_{50} lebih kecil dibandingkan hidrokuinon ($IC_{50} = 86,61 \pm 2,39$ mg/L). Beberapa senyawa kaliks[4]pirogallolarena tersebut dapat digunakan sebagai bahan aktif pencerah kulit pengganti hidrokuinon (Jumina, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Vitaku, E., Smith, D.T., Njardarson, J.T. 2014. Analysis of The Structural Diversity, Substitution Patterns, and Frequency of Nitrogen Heterocycles Among U.S. FDA Approved Pharmaceuticals. *Journal of Medicinal Chemistry*, 57,10257-10274. <https://doi.org/10.1021/jm501100b>.
- Martins, P., Jesus, J., Santos, S., Raposo, L.R., Roma-Rodrigues, C., Baptista, P.V., Fernandes, A.R. 2015. Heterocyclic Anticancer Compounds: Recent Advances and The Paradigm Shift Towards The Use of Nanomedicine's Tool Box. *Molecules*, 20, 16852e. <https://doi.org/10.3390/molecules200916852>.
- Chan, K.W., Wong, V.T., Tang, S.C.W. 2020. COVID-19: An Update On The Epidemio- Logical, Clinical, Preventive and Therapeutic Evidence and Guidelines of Integrative Chinese-western Medicine for The Management of 2019 Novel Coronavirus Disease. *The American Journal of Chinese Medicine*, 1-26. <https://doi.org/10.1142/S0192415X20500378>.
- Wu, C., Liu, Y., Yang, Y., Zhang, P., Zhong, W., Wang, Y., Wang, Q., Xu, Y., Li, M., Li, X., Zheng, M., Chen, L., Li, H. 2020. Analysis of Therapeutic Targets for SARS-CoV-2 and Discovery of Potential Drugs by Computational Methods. *Acta Pharmaceutica Sinica B* 10 (5), 766e788. <https://doi.org/10.1016/j.apsb.2020.02.008>.
- Corona, A., di Leva, F.S., Rigogliuso, G., Pescatori, L., Madia, V.N., Subra, F., Delelis, O., Esposito, F., Cadeddu, M., Costi, R., Cosconati, S., Novellino, E., di Santo, R., Tramontano, E. 2016. New Insights Into The Interaction Between Pyrrolyl Diketoacids and HIV-1 Integrase Active Site and Comparison with RNase H. *Antiviral Research*, 134, 236-243, <https://doi.org/10.1016/j.antiviral.2016.09.008>.
- de Martel, C., Georges, D., Bray, F., Ferlay, J., Clifford, G.M. 2020. Global burden of cancer attributable to infections in

- 2018: a worldwide incidence analysis. *Lancet Glob Health*, 8(2):e180-e190.
- World Health Organisation (WHO). 2022. *Cancer*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>
- World Health Organisation. 2024. *WHO Bacterial Priority Pathogens List, 2024: Bacterial Pathogens of Public Health Importance to Guide Research, Development and Strategies to Prevent and Control Antimicrobial Resistance*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- Couteau, C., Laurence, C. 2016. Overview of Skin Whitening Agents: Drugs and Cosmetics Products. *Cosmetics*, (3), 1-16. <https://doi.org/10.3390/cosmetics3030027>
- Chen, W., Tien-Sheng, T., Nai-Wan, H., Yun-Lian, L., Zhi-Hong, W., Chin-Chuan, T., Yu-Ching, L., Hui-Hsiung, L., and Ken-Chang, T. 2015. Discovery of Highly Potent Tyrosinase Inhibitor, T1 with Significant Anti-melanogenesis Ability by Zebrafish In Vivo Assay and Computational Molecular Modeling. *Scientific Report*, 5, 7995. doi: 10.1038/srep07995
- Gillbro, J. M., Olson, M. J. 2011. The Melanogenesis and Mechanism of Skin-Lightening Agents-Existing and New Approaches. *International Journal of Cosmetic Science*, 33, 210-21. doi: 10.1111/j.1468-2494.2010.00616.x.
- Jumina, Siswanta, D., Sholikhah, E. N., Zulkarnain, A. K., Julianus, J., Priastomo, Y., Fitria, A., Nisa, D. F. N, Ekawati, L. 2021. *Penghambatan Aktivitas Enzim Tirosinase Oleh Salah Satu Turunan Kaliks[4]pirogalolarena*. Paten, P00202107514.
- Ramsden, C. A. and Patrick, A. R. 2010. Mechanistic Studies of Tyrosinase Suicide Inactivation. *ARKIVOC*, 260-274. DOI: 10.3998/ark.5550190.0011.107
- Vashi, N. A., Kundu, R. V. 2013. Facial Hyperpigmentation: Causes and Treatment. *British Journal of Dermatology*, 169 (Suppl. 3), 41-56. <https://doi.org/10.1111/bjd.12536>
- Kavthe, R. D., Kinacaid, J. R. A., Lipshurz, B. H. 2022. An Efficient and Sustainable Synthesis of The Antimalarial Drug

Tafenokuin. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10, 16896-16902.

<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05628>

Tiwari, V. S., Joshi, P., Yadav, K., Sharma, A., Chowdhury, S., Manhas, A., Kumar, N., Tripathi, R., Haq, W. 2021. Synthesis and Antimalarial Activity of 4-Methylaminoquinoline Compounds Against Drug-Resistant Parasite. *ACS Omega*, 6, 12984-12994. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c06053>

BIODATA PENULIS



Drs. Bambang Suhartawan, M.MT

Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Blitar Tahun 1964. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura pada tahun 1989. Pendidikan Pasca Sarjana diperoleh dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya jurusan Manajemen Teknik Lingkungan pada tahun 2002. Beberapa buku yang telah ditulis terkait bidang lingkungan antara lain : Pengelolaan Sumber Daya Air; Penyehatan Udara; Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia; Ekotoksikologi, Pengelolaan Limbah Industri; Sistem Lingkungan Industri; Analisis Kualitas Lingkungan; Kesehatan Lingkungan Bancana; Manajemen Penyakit Tropis Berbasis Lingkungan; Pengelolaan Limbah Padat, Limbah Industri dan B3; Lingkungan : Pemahaman Masalah dan Solusi; Kesehatan Lingkungan : Memahami Dampak Lingkungan Terhadap Kesehatan; Kimia Ramah Lingkungan; Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim; Entomologi dalam Kesehatan Lingkungan; Pengelolaan Limbah

Cair; Kimia Lingkungan; Kesehatan Lingkungan Global;
Pengenalan Pembangunan Berkelanjutan dan Memahami
Konsep dan Teori Ekologi Lingkungan;

BIODATA PENULIS



Muharram

Muharram lahir di Pinrang, 7 Mei 1961, Guru Besar dalam bidang Kimia Organik di Universitas Negeri Makassar. Sarjana Pendidikan Kimia di IKIP Ujungpandang tahun 1987. Magister Sains pada bidang Kimia Organik pada tahun 1993 di ITB Bandung. Doktor dalam bidang Kimia Organik diperoleh pada tahun 2004 di Universitas Otto von Guericke Magdeburg Jerman. Publikasi Ilmiah: (1) Efficient Synthesis of Optically Active R- and S-2-Phenylpropanal. *PublScie-AEIJ of Journal*; (2) Stereoselektivitas Reaksi Aldol dalam Sintesis C1-C12 Senyawa Epotilon. *J. Matematika & Sains*; (3) Sintesis (S)-3-asetil-4-isopropil-5,5-difenil-oxazolidin-2-on: Senyawa Auxiliari Efektif untuk Reaksi Aldol yang Selektif. *J. Chemica*; (4) Senyawa Metabolit Sekunder Anti Bakteri dari Tumbuhan *Lantana Camara* Linn (Verbanaceae). *Prosiding*. UNM Makassar; (5) The Antibacterial Properties of Bayur Tissues' Extract (*Pterospermum subpeltatum* C. B. Rob). *J. Teknologi*; (6) Screening of Tembelekan Plant (*Lantana* Active Compound for Prevention of infections. *Proceeding ICMSTEA Makassar UNM*. (7) Communication Techniques for Persuasion of Students and Lecturers in Shaping Behavior. *SITEKIN: Journal Sains, Teknologi dan Industri*. Vol. 20. No. 2. Buku: (1) Senyawa Steroid dan Terpenoid. Makassar: CV Sahabat Hard. 2023. (2)

Dasar-dasar Public Relation. Purbalingga: Eureka Media Aksara. 2023. Partisipasi pada Pertemuan Ilmiah: (1) Seminar Internasional sebagai penyaji makalah dengan judul “Isolation and Characterisation of Neutral Compounds from *Artocarpus teysmanii* Miq.:An Original Plant of South Sulawesi Rainforest”, di Manchester Inggris; (3) Seminar Internasional sebagai penyaji dengan judul “Isolation and Identification of β -Sitosterole Constituent from *n*-Hexane Extract of *Artocarpus teysmanii* Miq” di Makassar.

BIODATA PENULIS



apt Hendri Satria kamal Uyun M.Farm

Penulis lahir di Tanjung Pinang tanggal 9 Agustus 1993. Penulis adalah dosen tetap pada bidang Biologi Farmasi STIFARM Padang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Farmasi Pada Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia Perintis Padang kemudian melanjutkan pendidikan Profesi Apoteker Di Fakultas Farmasi Universitas Andalas dan melanjutkan Pendidikan S2 Di Fakultas Farmasi Universitas Andalas. Mata kuliah yang diampu antara lain Botani Farmakognosi 1, Farmakognosi 2 dan Fitokimia. Penulis juga telah menerbitkan buku diantaranya adalah Farmakognosi, Ilmu bahan Makanan dan Ilmu pangan. Selama menjalankan tridarma perguruan tinggi dibidang penelitian, penulis berhasil mendapatkan hibah untuk Penelitian Dosen Pemula oleh Kemdikbudristek Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat sebagai pemberi dana penelitian tahun 2023 dan 2024. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada STIFARM Padang atas dukungannya dalam penulisan dan penerbitan buku ini.

BIODATA PENULIS



Wiwit Sepvianti, S.Pd., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknologi Bank Darah
STIKES Guna Bangsa Yogyakarta

Penulis lahir di Yogyakarta tanggal 15 September 1989. Saat ini, penulis menjalani karir sebagai dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Teknologi Bank Darah, STIKES Guna Bangsa Yogyakarta. Latar belakang pendidikan S1 yaitu Jurusan Pendidikan Kimia ditempuh di Universitas Negeri Yogyakarta dan pendidikan S2 pada Jurusan Kimia yang ditempuh di Universitas Gadjah Mada. Selain aktif menulis, penulis juga aktif dalam bidang penelitian. Riset-riset yang aktif dilakukan penulis diantaranya yaitu biokimia darah, uji kualitas mutu darah pada berbagai parameter, sintesis senyawa organik antibakteri, uji aktivitas antibakteri senyawa kalkon pada bakteri kontaminan produk darah dan karsa cipta alat portabel agitator untuk trombosit.

BIODATA PENULIS



Dr. Budi Rianto Wahidi, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan
Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo

Penulis lahir di Bandung tanggal 23 Oktober 1978. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Penanganan Patologi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Sidoarjo. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret dan melanjutkan S2 pada Jurusan Bioteknologi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Airlangga. Menyelesaikan pendidikan S3 Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Brawijaya. Penulis menekuni bidang menulis dan terlibat dalam penelitian internal dan eksternal.

BIODATA PENULIS



Yoga Priastomo, S.Si., M.Eng.

Dosen Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Penulis lahir di Temanggung tanggal 30 Juni 1991. Ia adalah dosen Pegawai Pemerintah dengan Perjanjian Kerja (PPPK) pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta sejak 1 September 2023. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Departemen Kimia dalam bidang Kimia Organik di FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Indonesia dan melanjutkan S2 di *Department of Chemistry and Applied Chemistry*, Saga University, Japan dalam bidang sintesis makromolekul. Saat ini penulis menekuni bidang biokimia. Penulis aktif dalam penulisan karya ilmiah diantaranya 12 publikasi ilmiah telah berhasil diterbitkan di jurnal internasional bereputasi, 9 buku referensi ber ISBN dan 1 buku ajar. Selain itu penulis juga aktif dalam penelitian dengan memperoleh 9 paten sebagai co inventor dalam proses penilaian dan 1 paten telah memperoleh hak (*granted*).