

KIMIA LARUTAN

Penulis :

I Wayan Tanjung Aryasa

Aan Sefentry

Alfiah Alif

Achmad Qodim Syafaatullah

Herlina Rahim

Hasrawati Bahar

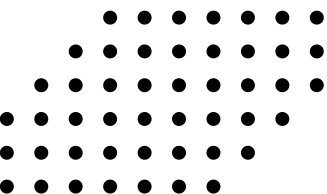
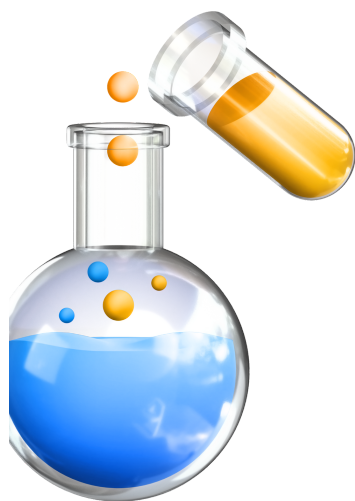
Ayusti Dirga

Khoirul Ngibad

Silvia Devi Eka Putri

Melani Ganing

Andi Asdiana Irma Sari Yusuf



KIMIA LARUTAN

I Wayan Tanjung Aryasa

Aan Sefentry

Alfiah Alif

Achmad Qodim Syafaatullah

Herlina Rahim

Hasrawati Bahar

Ayusti Dirga

Khoirul Ngibad

Silvia Devi Eka Putri

Melani Ganing

Andi Asdiana Irma Sari Yusuf



GET PRESS INDONESIA

KIMIA LARUTAN

Penulis :

I Wayan Tanjung Aryasa
Aan Sefentry
Alfiah Alif
Achmad Qodim Syafaatullah
Herlina Rahim
Hasrawati Bahar
Ayusti Dirga
Khoirul Ngibad
Silvia Devi Eka Putri
Melani Ganing
Andi Asdiana Irma Sari Yusuf

ISBN : 978-623-198-970-3

Editor : Dr. Neila Sulung, S.Pd., Ns., M.Kes.

Penyunting : Ilda Melisa, Amd.Kep

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, Januari 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 Kimia Larutan ini.

Buku ini membahas Dasar-Dasar Kimia Larutan Tanjung, Termodinamika Kimia Larutan, Reaksi Redoks dalam Larutan, Kinetika Reaksi dalam Larutan, Ekstraksi dan Pemisahan Senyawa dalam Larutan, Kimia Koloid, Kimia Air, Kimia Farmasi, Kimia Lingkungan, Kimia Industri.

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, Januari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 DASAR-DASAR KIMIA LARUTAN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Jenis dari Larutan.....	1
1.2.1 Perhitungan Konsentrasi Larutan.....	2
1.3 Kelarutan.....	5
1.3.1 Kelarutan padatan dalam Cairan	5
1.3.2 Kelarutan sebuah Gas dalam Cairan.....	6
1.4 Tekanan Uap dari Larutan Cair	10
1.4.1 Tekanan Uap dari Larutan Cair-Cair	10
1.4.2 Hukum Raoult sebagai kasus khusus milik Hukum Henry.....	12
1.4.3 Tekanan Uap Larutan dari Padatan didalam Cairan	13
1.5 Larutan Ideal dan Non-ideal	15
1.5.1 Larutan Ideal.....	15
1.5.2 Larutan Tidak Ideal	16
DAFTAR PUSTAKA	19
BAB 2 TERMODINAMIKA KIMIA LARUTAN	21
2.1 Pendahuluan.....	21
2.2 Konsep Entalpi.....	26
2.3 Entropi	30
2.4 Energi Gibbs.....	32
2.5 Implikasi hasil studi termodinamika larutan dalam berbagai bidang.....	35
DAFTAR PUSTAKA	37
BAB 3 REAKSI OKSIDASI-REDUKSI DALAM LARUTAN ...	39
3.1 Penyetaraan persamaan redoks menggunakan metode oksidasi	39
3.2 Reaksi Redoks Logam Padat dalam Larutan Air.....	48
3.3 Reaksi Perpindahan Tunggal	49
3.4 Ringkasan	53
DAFTAR PUSTAKA	54

BAB 4 KINETIKA REAKSI DALAM LARUTAN	55
4.1 Pendahuluan.....	55
4.2 Proses Flow Diagram sederhana proses reaksi kimia.....	56
4.3 Laju Reaksi	56
4.4 Orde Reaksi.....	57
4.4.1 Orde ke-0.....	58
4.4.2 Orde ke-1.....	59
4.4.3 Orde ke-2.....	60
4.5 Mekanisme Reaksi.....	62
4.6 Energi Aktivasi	63
DAFTAR PUSTAKA	65
BAB 5 EKSTRAKSI DAN PEMISAHAN SENYAWA	
DALAM LARUTAN	67
5.1 Pendahuluan.....	67
5.2 Prinsip Pemisahan secara Ekstraksi	68
5.3 Jenis-Jenis Ekstraksi	69
5.4 Metode Ekstraksi.....	70
5.5 Ekstraksi Cair-Cair.....	72
5.6 Ekstraksi Asam Basa.....	76
5.7 Prinsip Ekstraksi Pelarut.....	78
5.7.1 Koefisien Distribusi	80
5.7.2 Rasio Distribusi	82
5.7.3 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Ekstraksi Pelarut.....	82
5.7.4 Metode Ekstraksi Pelarut Ion Logam.....	84
5.7.5 Teknik Ekstraksi Pelarut	85
5.8 Penerapan dan Aplikasi Ekstraksi Cair-Cair dalam Industri Kimia	86
DAFTAR PUSTAKA	89
BAB 6 KIMIA KOLOID	91
6.1 Sistem Koloid.....	91
6.2 Sifat Koloid	92
6.3 Contoh Koloid	93
6.4 Jenis Partikular Koloid.....	94
6.5 Sifat Koloid	94
6.6 Interaksi Koloid	95
6.6.1 Antarmuka Cair-Gas dan Cair-Cair	97

6.7 Antarmuka Padat-Cair	98
6.8 Antarmuka Padat-Gas.....	100
6.9 Kestabilan Koloid	101
6.9.1 Penstabil koloid.....	102
6.9.2 Muatan permukaan koloid	102
6.10 Aplikasi Koloid:.....	103
DAFTAR PUSTAKA	104
BAB 7 KIMIA AIR.....	105
7.1 Pendahuluan.....	105
7.2 Struktur Molekul Air	106
7.3 Sifat-Sifat Air	108
7.3.1 Sifat Fisika Air.....	108
7.3.2 Sifat Kimia Air.....	110
7.4 Larutan dalam Air	112
7.5 Kualitas Air	114
DAFTAR PUSTAKA	116
BAB 8 KIMIA FARMASI.....	117
8.1 Pendahuluan.....	117
8.2 Dasar - Dasar Kimia Farmasi	118
8.3 Analisis Senyawa Obat.....	119
8.3.1 Analisis kualitatif.....	119
8.3.2 Analisis kuantitatif.....	120
8.4 Metodologi dan Tekni.....	120
8.4.1 Titrimetri	120
8.4.2 Kromatografi.....	121
8.4.3 Spektroskopi	122
8.5 Kimia Medisinal Organik	124
8.6 Sifat Koligatif Larutan	125
8.7 Reaksi Redoks dalam Konteks Farmasi	125
8.8 Sel Elektrokimia	126
8.9 Keseimbangan Kimia.....	127
DAFTAR PUSTAKA	128
BAB 9 KIMIA LINGKUNGAN	131
9.1 Pendahuluan.....	131
9.2 Perkembangan Ilmu Lingkungan	132
9.3 Pengertian Kimia Lingkungan.....	133
9.4 Pencemaran Lingkungan	134

9.5 Macam-Macam Pencemaran Lingkungan	136
9.5.1 Pencemaran Udara	136
9.5.2 Pencemaran Air	138
9.5.3 Pencemaran Tanah	140
9.6 Dampak Pencemaran Lingkungan	141
DAFTAR PUSTAKA	142
BAB 10 KIMIA INDUSTRI	145
10.1 Pendahuluan	145
10.2 Klasifikasi dan Ciri Industri Kimia	146
10.2.1 Klasifikasi Industri Kimia	146
10.2.2 Ciri-Ciri Industri Kimia	147
10.3 Bahan Baku untuk Industri Kimia	148
10.4 Proses di Industri Kimia	149
10.4.1 Peristiwa Kimia	150
10.4.2 Teknologi Proses	151
10.4.3 Utilitas Pabrik	152
10.4.4 Perawatan Peralatan Produksi	152
10.5 Industri Kimia di Indonesia	156
DAFTAR PUSTAKA	161
BAB 11 APLIKASI KIMIA LARUTAN DALAM	
SEKTOR PANGAN	163
11.1 Penggunaan Kimia Larutan dalam Sektor Pangan	163
11.2 Titrasi Untuk Analisis Kuantitatif Bahan Pangan	164
11.3 Penentuan pH Pada Makanan Dan Minuman	166
11.4 Ekstraksi Untuk Memisahkan Komponen-Komponen	
Dalam Produk Pangan	168
11.5 Teknologi Pengolahan Pangan Dengan Pemanfaatan	
Larutan Untuk Memperpanjang Umur Simpan	170
11.6 Reaksi Reduksi-Oksidasi Larutan Dalam Pengolahan	
Pangan	172
11.7 Teknik Pemurnian Bahan Pangan	174
DAFTAR PUSTAKA	176
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Pengaruh tekanan terhadap kelarutan suatu gas. Itu konsentrasi gas terlarut sebanding dengan tekanan pada gas di atas larutan.....	7
Gambar 1.2. Hasil eksperimen untuk kelarutan gas HCl dalam sikloheksana pada 293 K. Kemiringan garis adalah Konstanta Hukum Henry, K_H	8
Gambar 1.3. Plot tekanan uap dan fraksi mol larutan ideal pada suhu konstan.....	12
Gambar 1.4. Penurunan tekanan uap pada pelarut karena adanya zat terlarut dalam pelarut.....	14
Gambar 1.5. Jika larutan mematuhi Hukum Raoult untuk semua konsentrasi, itekan uap akan bervariasi secara linear dari nol hingga tekanan uap sebesar pelarut murni.	15
Gambar 1.6. Tekanan uap dua sistem komponen sebagai fungsi dari komposisi (a) larutan yang menunjukkan deviasi positif dari hukum Raoult dan (b) larutan itu menunjukkan deviasai negatif dari hukum Raoult.....	16
Gambar 3.1. Proses korosi melibatkan reaksi oksidasi-reduksi di mana besi logam diubah menjadi $Fe(OH)_3$, padatan berwarna coklat kemerahan.....	48
Gambar 3.2. Reaksi Perpindahan Tunggal Tembaga Logam dengan Larutan Perak Nitrat.....	50
Gambar 3.3. Deret Aktivitas Logam.....	52
Gambar 5.1. Diagram blok proses ekstraksi.....	71
Gambar 5.2. Ekstraksi cair-cair	73
Gambar 5.3. Diagram blok dari proses ekstraksi cair-cair	75

Gambar 6.1. Perbedaan ukuran partikel dan larutan sejati, sistem koloid dan suspensi kasar	92
Gambar 7.1. Representasi skema struktur molekul air dan distribusi muatan di sekitarnya	106
Gambar 7.2. Ikatan Hidrogen Molekul Air	108
Gambar 7.3. Ciri-ciri fisik molekul air terisolasi dan dua molekul air yang dihubungkan melalui ikatan hidrogen	109
Gambar 7.4. Kecenderungan molekul air untuk mengorientasikan dirinya di sekitar ion (pengelompokan di sisi kanan gambar) memfasilitasi pelarutan partikel garam (pengelompokan di sisi kiri bawah)	113
Gambar 10.1. Ruang Lingkup Kimia Industri	146
Gambar 10.2. Proses produksi di Industri Kimia	149
Gambar 10.3. Skema umum proses dalam industri kimia	151
Gambar 11.1. Contoh Larutan Bahan Tambahan Pangan (BTP)	163
Gambar 11.2. Kurva Titik akhir titrasi atau titik ekuivalen (a) NaOH 0.1 M dan HCl 0.1 M (b) NaOH 0.1 M dan C ₂ H ₄ O ₂ 0.1 M	165
Gambar 11.3. Keasaman Makanan dan Minuman	166
Gambar 11.4. Elektroda Kaca	167
Gambar 11.5. Skema representasi Ekstraksi Microwave	169

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jenis dari Larutan.....	2
Tabel 1.2. Nilai Konstanta Hukum Henry untuk Beberapa Gas yang Terpilih dalam Air	9
Tabel 2.1. Perbedaan entalpi dan entropi	32
Tabel 3.1. Prosedur untuk Menyeimbangkan Reaksi Oksidasi-Reduksi dengan Metode Keadaan Oksidasi	41
Tabel 1.1. Macam-macam sistem koloid berdasarkan fasa pendispersi dan terdispersinya	93
Tabel 7.1. Sifat Fisika dan Kimia Air	111
Tabel 7.2. Kualitas Air dan Total Padatan Tersuspensi.....	114
Tabel 7.3. Konsentrasi senyawa kimia dalam perairan alami.....	115

BAB 1

DASAR-DASAR KIMIA LARUTAN

Oleh I Wayan Tanjung Aryasa

1.1 Pendahuluan

Dalam kehidupan normal kita jarang menjumpai zat murni, kebanyakan dalam bentuk campuran yang mengandung dua atau lebih zat murni. Kegunaan atau pentingnya campuran dalam kehidupan tergantung pada komposisi campuran tersebut. Misalnya saja sifat-sifat kuningan (campuran tembaga dan seng) cukup berbeda dari perak Jerman (campuran tembaga, seng dan nikel) atau perunggu (campuran tembaga dan timah); 1 bagian per juta (ppm) ion fluorida dalam air dapat mencegah kerusakan gigi, sedangkan 1,5 ppm menyebabkan kerusakan gigi menjadi berbintik-bintik dan konsentrasi fluorida yang tinggi ion bisa bersifat beracun (misalnya, natrium fluorida digunakan dalam racun tikus); suntikan intravena selalu dilarutkan dalam air yang mengandung garam-garam pada konsentrasi ionik tertentu yang sesuai dengan konsentrasi plasma darah dan sebagainya.

Dalam bagian ini, kami akan mempertimbangkan sebagian besar larutan cair dan pembentukannya. Ini akan diikuti dengan mempelajari sifat-sifat larutan, seperti tekanan uap. Kita akan mulai dengan jenis larutan dan kemudian berbagai alternatif di dalamnya di mana konsentrasi zat terlarut dapat dinyatakan larutan cair.

1.2 Jenis dari Larutan

Larutan adalah campuran homogen dari dua atau lebih dari dua komponen zat. Yang kami maksud dengan campuran homogen adalah komposisinya dan sifat-sifatnya seragam diseluruh campuran. Umumnya, komponen yang hadir dalam jumlah besar dikenal sebagai pelarut. Pelarut menentukan keadaan fisik dimana larutan berada. Satu atau lebih banyak komponen yang ada dalam larutan selain pelarut disebut zat terlarut. Dalam bagian ini kita hanya akan mempertimbangkan larutan biner (yaitu, terdiri dari

dua komponen). Di sini setiap komponen mungkin padat, cair atau gas dan dirangkum dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Jenis dari Larutan

Type of Solution	Solute	Solvent	Common Examples
Gaseous Solutions	Gas	Gas	Mixture of oxygen and nitrogen gases
	Liquid	Gas	Chloroform mixed with nitrogen gas
	Solid	Gas	Camphor in nitrogen gas
Liquid Solutions	Gas	Liquid	Oxygen dissolved in water
	Liquid	Liquid	Ethanol dissolved in water
	Solid	Liquid	Glucose dissolved in water
Solid Solutions	Gas	Solid	Solution of hydrogen in palladium
	Liquid	Solid	Amalgam of mercury with sodium
	Solid	Solid	Copper dissolved in gold

1.2.1 Perhitungan Konsentrasi Larutan

Komposisi suatu larutan dapat dijelaskan dengan menyatakannya dalam konsentrasi. Yang terakhir ini dapat diungkapkan secara kualitatif atau secara kuantitatif. Misalnya secara kualitatif kita dapat mengatakan bahwa larutannya encer (yaitu pada jumlah zat terlarut yang relatif sangat kecil) atau pekat (yaitu pada jumlah zat terlarut yang relatif sangat besar). Namun dalam kehidupan nyata, hal semacam ini secara deskripsi dapat menambah banyak kebingungan dan dengan demikian perlunya deskripsi kuantitatif dari larutan tersebut.

Ada beberapa cara untuk menggambarkan konsentrasi larutan secara kuantitatif.

- 1. Persentase massa (b/b): Persentase massa suatu komponen suatu larutan didefinisikan sebagai:

% massa suatu komponen

$$= \frac{\text{Mass of the component in the solution}}{\text{Total mass of the solution}} \times 100$$

Misalnya, jika suatu larutan dijelaskan dengan 10% glukosa dalam air berdasarkan massa, berarti 10 g glukosa dilarutkan dalam 90 g air menghasilkan larutan 100 g. Konsentrasi larutan tersebut dapat dijelaskan oleh persentase

massa umumnya digunakan dalam aplikasi industri kimia. Misalnya, larutan pemutih komersial mengandung 3,62 persentase massa natrium hipoklorit dalam air.

2. Persentase volume (V/V): Persentase volume didefinisikan sebagai:

$$\text{Volume \% of a component} = \frac{\text{Volume of the component}}{\text{Total volume of solution}} \times 100$$

Misalnya, larutan etanol 10% dalam air berarti 10 mL etanol dilarutkan dalam air sehingga volume totalnya larutannya adalah 100 mL. Larutan yang biasanya mengandung cairan dinyatakan dalam satuan ini. Misalnya, larutan 35% (v/v). Etilen glikol, antibeku, digunakan di mobil untuk mendinginkan mesin. Pada konsentrasi ini antibeku menurunkan titik beku air hingga 255,4K (-17,6°C).

3. Persentase massa menurut volume (B/V): Satuan lain yang biasa digunakan dalam pengobatan dan farmasi secara massal berdasarkan volume persentase. Ini adalah massa zat terlarut yang dilarutkan dalam 100 mL larutan.
4. Bagian per juta: Jika zat terlarut terdapat dalam jumlah kecil, maka zat tersebut lebih mudah untuk menyatakan konsentrasi dalam bagian per juta (ppm) dan didefinisikan sebagai:

Bagian per juta =

$$= \frac{\text{Number of parts of the component}}{\text{Total number of parts of all components of the solution}} \times 10^6$$

Seperti halnya persentase, konsentrasi dalam bagian per juta juga dapat dinyatakan sebagai massa ke massa, volume ke volume dan massa ke volume. Satu liter air laut (yang beratnya 1030 g) mengandung sekitar 6×10^{-3} g oksigen terlarut (O_2). Kecil sekali konsentrasi juga dinyatakan sebagai 5,8 g per 106 g (5,8 ppm) air laut. Konsentrasi polutan dalam air atau atmosfer sering dinyatakan dalam $\mu\text{g mL}^{-1}$ atau ppm.

5. Fraksi mol: Simbol fraksi mol yang umum digunakan adalah x dan subskrip yang digunakan disisi kanan x menunjukkan komponen. Ini didefinisikan sebagai:

Fraksi mol suatu komponen =

$$\frac{\text{Number of moles of the component}}{\text{Total number of moles of all the components}}$$

Misalnya pada campuran biner, jika jumlah mol A dan B berturut turut adalah n_A dan n_B , maka fraksi mol A adalah

$$x_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

Untuk larutan yang mengandung sejumlah i komponen, kita peroleh:

$$x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \dots + n_i} = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

Dapat ditunjukkan bahwa dalam larutan tertentu jumlah seluruh molnya pecahan adalah kesatuan, yaitu

$$x_1 + x_2 + \dots + x_i = 1$$

Satuan fraksi mol sangat berguna dalam menghubungkan beberapa sifat fisika larutan, katakanlah tekanan uap dengan konsentrasi larutan dan cukup berguna dalam menjelaskan perhitungan yang terlibat pada campuran gas.

6. Molaritas: Molaritas (M) didefinisikan sebagai jumlah mol zat terlarut yang dilarutkan dalam satu liter (atau satu desimeter kubik) larutan,

$$\text{Molarity} = \frac{\text{Moles of solute}}{\text{Volume of solution in litre}}$$

Misalnya, larutan NaOH $0,25 \text{ mol L}^{-1}$ (atau $0,25 \text{ M}$) berarti demikian $0,25 \text{ mol}$ NaOH telah dilarutkan dalam satu liter (atau satu desimeter kubik).

7. Molalitas: Molalitas (m) didefinisikan sebagai jumlah mol suatu zat terlarut per kilogram (kg) pelarut dan dinyatakan sebagai:

$$\text{Molality (m)} = \frac{\text{Moles of solute}}{\text{Mass of solvent in kg}}$$

Misalnya, 1,00 mol kg⁻¹ (atau 1,00 m³) pada larutan KCl berarti demikian 1 mol (74,5 g) KCl dilarutkan dalam 1 kg air.

Setiap metode yang digunakan untuk menyatakan konsentrasi larutan mempunyai cara tersendiri dengan kelebihan dan kekurangannya sendiri. % massa, ppm, fraksi mol dan molalitas tidak bergantung pada suhu, sedangkan molaritas merupakan fungsi dari suhu. Hal ini karena volume bergantung pada suhu dan massa tidak.

1.3 Kelarutan

Kelarutan suatu zat adalah jumlah maksimum zat yang dapat larut dalam sejumlah pelarut tertentu pada suhu tertentu. Tergantung pada sifat zat terlarut dan pelarut serta suhu dan tekanan. Mari kita perhatikan pengaruh faktor-faktor ini terhadap larutan zat padat atau gas dalam cairan.

1.3.1 Kelarutan padatan dalam Cairan

Setiap padatan tidak larut dalam cairan tertentu. Sedangkan natrium klorida dan gula mudah larut dalam air, naftalena dan antrasena larut dalam bukan air. Di sisi lain, naftalena dan antrasena mudah larut dalam benzena tetapi natrium klorida dan gula tidak. Hal ini dapat diamati bahwa zat terlarut polar yang larut dalam pelarut polar dan zat terlarut nonpolar dalam pelarut nonpolar. Secara umum, zat terlarut yang larut dalam pelarut jika terjadi interaksi antarmolekul keduanya serupa atau bisa kita katakan "**like dissolves like**".

Jika zat terlarut berbentuk padat ditambahkan ke dalam pelarut, sebagian zat terlarut akan larut dan konsentrasinya meningkat dalam larutan. Proses ini dikenal sebagai **dissolution**. Beberapa partikel zat terlarut dalam larutan yang bertabrakan dengan zat terlarut partikel padat dan terpisah dari larutan. Proses ini dikenal sebagai kristalisasi. Suatu tahap yang tercapai ketika dua proses terjadi pada laju yang sama. Dalam kondisi seperti itu, jumlah partikel zat terlarut akan hilang ke dalam larutan akan sama dengan partikel zat terlarut yang terpisah keluar dan keadaan keseimbangan dinamis tercapai.

Solute + Solvent Solution

Pada tahap ini konsentrasi zat terlarut dalam larutan akan tetap konstan pada kondisi tertentu, yaitu suhu dan tekanan. Proses serupa diikuti ketika gas dilarutkan dalam pelarut cair. Suatu larutan dimana tidak ada lagi zat terlarut yang dapat larut secara bersamaan suhu dan tekanan disebut larutan jenuh. Sebuah larutan tak jenuh adalah larutan yang lebih banyak zat terlarutnya dapat larut suhu yang sama. Larutan yang berada dalam keseimbangan dinamis dengan zat terlarut yang tidak larut adalah larutan jenuh dan mengandung jumlah maksimum zat terlarut yang terlarut dalam sejumlah pelarut tertentu. Jadi, konsentrasi zat terlarut dalam larutan tersebut adalah kelarutannya.

Sebelumnya kita telah mengamati kelarutan suatu zat menjadi yang lain tergantung pada sifat zatnya. Selain variabel itu, dua parameter lainnya, yaitu suhu dan tekanan juga mengendalikan fenomena ini.

Pengaruh suhu

Kelarutan zat padat dalam zat cair sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu. Perhatikan keseimbangan yang diwakili oleh persamaan dibawah ini. Ini menjadi keseimbangan dinamis, harus mengikuti **Prinsip Le Chateliers**. Secara umum, jika dalam larutan hampir jenuh maka proses pelarutannya adalah endotermik ($\Delta_{sol}H > 0$), kelarutan akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu dan jika eksotermik ($\Delta_{sol}H < 0$) kelarutannya seharusnya akan berkurang. Tren ini juga diamati secara eksperimental.

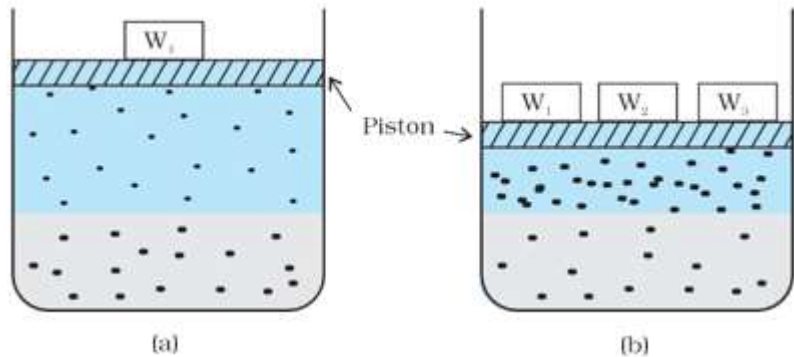
Pengaruh tekanan

Tekanan tidak mempunyai pengaruh yang berarti terhadap kelarutan padatan dalam cairan. Hal ini terjadi karena padatan dan cairan tidak dapat dimampatkan dan praktis tidak terpengaruh oleh perubahan tekanan.

1.3.2 Kelarutan sebuah Gas dalam Cairan

Banyak gas yang larut dalam air. Oksigen hanya larut sedikit dalam air. Oksigen terlarut inilah yang menopang seluruh kehidupan akuatik. Dan sebaliknya, gas Hidrogen Klorida (HCl) sangat larut dalam air. Kelarutan gas dalam cairan sangat

dipengaruhi oleh tekanan dan suhu. Kelarutan gas meningkat dengan meningkatnya tekanan. Untuk larutan gas dalam pelarut, perhatikan sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 (a). Bagian bawahnya berupa larutan dan bagian atasnya berupa gas dengan sistem pada tekanan p dan suhu T . Asumsikan sistem ini masuk keadaan keseimbangan dinamis, yaitu dalam kondisi ini laju partikel gas yang masuk dan keluar fasa larutan adalah sama. Sekarang tingkatkan tekanan pada fase larutan dengan mengompresi gas ke volume yang lebih kecil [Gbr. 1.1 (b)]. Hal ini akan meningkatkan jumlah partikel gas per satuan volume pada larutan dan juga lajunya dimana partikel-partikel gas menumbuk permukaan larutan yang dimasukkan itu. Kelarutan gas akan meningkat hingga terjadi kesetimbangan baru tercapai yang mengakibatkan peningkatan tekanan gas diatas larutan sehingga kelarutannya meningkat.



Gambar 1.1. Pengaruh tekanan terhadap kelarutan suatu gas. Itu konsentrasi gas terlarut sebanding dengan tekanan pada gas di atas larutan.

Henry adalah orang pertama yang memberikan hubungan kuantitatif antara tekanan dan kelarutan suatu gas dalam pelarut yang disebut **Hukum Henry**. Hukum ini menyatakan bahwa pada suhu konstan, kelarutan gas dalam cairan berbanding lurus dengan tekanan parsial gas hadir diatas permukaan cair atau larutan. Dalton, sezaman dengan Henry, juga menyimpulkan secara independen bahwa kelarutan gas dalam cairan larutan adalah fungsi parsial tekanan gasnya. Jika kita menggunakan fraksi mol suatu gas

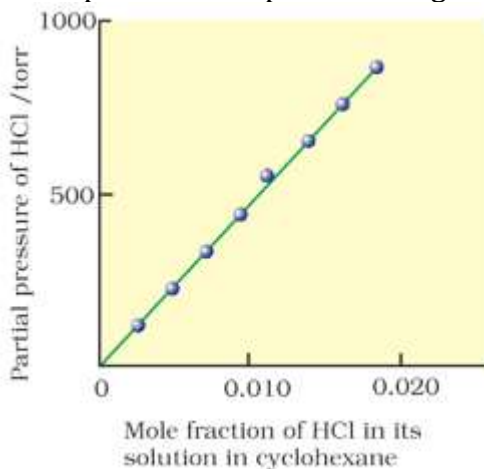
dalam larutan sebagai ukuran kelarutannya, maka ia bisa dikatakan fraksi mol gas dalam larutan sebanding dengan tekanan parsial gas pada larutannya. Bentuk yang paling umum digunakan Hukum Henry menyatakan bahwa “tekanan parsial gas dalam fase uap (p) sebanding dengan fraksi mol gas (x) dalam larutan” dan dinyatakan sebagai berikut:

$$p = K_H \cdot x$$

Dimana K_H adalah konstanta Hukum Henry. Jika kita menggambar grafik antara tekanan parsial gas versus mol fraksi gas dalam larutan, maka kita harus mendapatkan plotnya dari jenis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.2.

Gas yang berbeda memiliki K_H yang berbeda pula dengan nilai-nilai pada suhu yang sama (Tabel 1.2). Hal ini menunjukkan bahwa K_H adalah fungsi sifat gas.

Jelas dari persamaan menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai K_H pada tekanan tertentu, semakin rendah kelarutan gas dalam cairan. Dapat dilihat pada Tabel 1.2 nilai K_H untuk kedua senyawa N_2 dan O_2 meningkat seiring peningkatan suhu yang menunjukkan bahwa kelarutan gas meningkat seiring dengan penurunan suhu. Karena alasan inilah spesies akuatik lebih nyaman berada diperairan dingin daripada didalam perairan hangat.



Gambar 1.2. Hasil eksperimen untuk kelarutan gas HCl dalam sikloheksana pada 293 K. Kemiringan garis adalah Konstanta Hukum Henry, K_H

Tabel 1.2. Nilai Konstanta Hukum Henry untuk Beberapa Gas yang Terpilih dalam Air

Gas	Temperature/K	K_H /kbar	Gas	Temperature/K	K_H /kbar
He	293	144.97	Argon	298	40.3
H ₂	293	69.16	CO ₂	298	1.67
N ₂	293	76.48	Formaldehyde	298	$1.83 \cdot 10^{-5}$
N ₂	303	88.84	Methane	298	0.413
O ₂	293	34.86	Vinyl chloride	298	0.611
O ₂	303	46.82			

Hukum Henry menemukan beberapa penerapan dalam industri dan menjelaskan beberapa diantaranya sebagai fenomena biologis. Yang terkenal di antaranya adalah:

1. Untuk meningkatkan kelarutan CO₂ dalam minuman ringan dan air soda, sehingga botol disegel di bawah tekanan tinggi.
2. Penyelam harus mengatasi konsentrasi gas terlarut yang tinggi sambil menghirup udara yang bertekanan tinggi dibawah air. Peningkatan tekanan dapat meningkatkan kelarutan gas atmosfer dalam darah. Ketika penyelam muncul ke permukaan, tekanannya berangsur-angsur berkurang. Ini berarti melepaskan gas terlarut dan menyebabkan pembentukan gelembung nitrogen dalam darah. Ini dapat menghalangi kapiler dan menciptakan gangguan kondisi medis yang dikenal sebagai *bends*, yang menyakitkan dan berbahaya bagi kehidupan. Untuk menghindari tikungan, serta efek toksik dari konsentrasi tinggi nitrogen dalam darah, tangki yang digunakan oleh penyelam scuba terisi dengan udara yang diencerkan dengan helium (11,7% Helium, 56,2% Nitrogen dan 32,1% Oksigen).
3. Di dataran tinggi, tekanan parsial oksigen lebih kecil dibandingkan ditempat yang tinggi permukaan tanah. Hal ini menyebabkan rendahnya konsentrasi oksigen didalam darah dan jaringan orang yang tinggal di dataran tinggi atau pendaki. Oksigen darah yang rendah menyebabkan pendaki menjadi lemas dan tidak mampu berpikir jelas, suatu kondisi yang dikenal sebagai anoksia.

Pengaruh Suhu

Kelarutan gas dalam cairan berkurang seiring dengan kenaikan suhu. Kapan terlarut, molekul gas hadir dalam fase cair dan prosesnya *dissolves* dapat dianggap serupa dengan kondensasi dan panas berevolusi dalam proses ini. Kita telah mempelajarinya di bagian terakhir proses pelarutan melibatkan keseimbangan dinamis dan karenanya harus mengikuti **Prinsip Le Chatelier**. Karena *dissolution* adalah proses eksotermik, maka kelarutan akan menurun dengan meningkatnya suhu.

1.4 Tekanan Uap dari Larutan Cair

Larutan cair terbentuk jika pelarutnya berbentuk cair. Zat terlarutnya bisa saja gas, cairan atau padatan. Larutan gas dalam cairan sudah ada telah dibahas dibagian 1.3.2. Pada bagian ini, kita akan membahas larutan zat cair dan zat padat dalam zat cair. Larutan tersebut mungkin mengandung satu atau lebih komponen yang mudah menguap. Umumnya, pelarut cair bersifat mudah menguap. Zat terlarut mungkin mudah menguap atau tidak. Kita akan membahas sifatnya hanya pada larutan biner, yaitu larutan yang mengandung dua komponen, yaitu larutan (i) cairan dalam cairan dan (ii) padatan dalam cairan.

1.4.1 Tekanan Uap dari Larutan Cair-Cair

Mari kita pertimbangkan larutan biner dari dua cairan yang mudah menguap dan menyatakannya dua komponen sebagai 1 dan 2. Bila diambil dalam bejana tertutup, kedua komponen-komponennya akan menguap dan pada akhirnya akan terjadi kesetimbangan yang terbentuk antara fase uap dan fase cair. Dimana total tekanan uap pada tahap ini menjadi p_{total} dan p_1 dan p_2 menjadi tekanan parsial uap dari dua komponen 1 dan 2. Tekanan parsial berhubungan dengan fraksi mol x_1 dan x_2 di antara dua komponen 1 dan 2.

Ahli kimia Perancis, Francois Marte Raoult (1886) memberikan hubungan kuantitatif di antara dua komponen tersebut. Hubungan tersebut dikenal sebagai Hukum Raoult yang menyatakan bahwa untuk larutan cairan yang mudah menguap, jadi, untuk komponen 1

$$p_1 \propto x_1$$

Dan

$$p_1 = p_1^0 x_1$$

dimana p_1^0 adalah tekanan uap komponen murni 1 pada saat suhu yang sama.

Demikian pula untuk komponen 2

$$p_2 = p_2^0 x_2$$

dimana p_2^0 mewakili tekanan uap komponen murni 2. Menurut Hukum Dalton pada tekanan parsial, tekanan total (p_{total}) pada fase larutan dalam wadah akan menjadi jumlah dari tekanan parsial komponen larutan dan diberikan sebagai:

$$p_{\text{total}} = p_1 + p_2$$

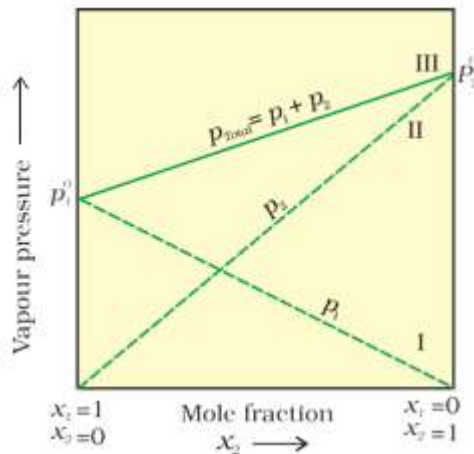
Mengganti nilai p_1 dan p_2 , kita mendapatkan

$$\begin{aligned} p_{\text{total}} &= x_1 p_1^0 + x_2 p_2^0 \\ &= (1 - x_2) p_1^0 + x_2 p_2^0 \\ &= p_1^0 + (p_2^0 - p_1^0) x_2 \end{aligned}$$

Kesimpulan berikut dapat diambil dari persamaan diatas adalah

1. Tekanan uap total diatas larutan dapat dikaitkan dengan mol sebagian kecil dari salah satu komponen.
2. Tekanan uap total diatas larutan bervariasi secara linier terhadap fraksi mol komponen 2.
3. Tergantung pada tekanan uap dari komponen murni 1 dan 2, tekanan uap total diatas larutan berkurang atau bertambah seiring dengan peningkatan fraksi mol komponen 1.

Plot p_1 atau p_2 versus pecahan x_1 dan x_2 untuk suatu larutan menghasilkan plot linier seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3. Garis (I dan II) melalui titik-titik tersebut untuk x_1 dan x_2 sama dengan kesatuan. Demikian pula plot (baris III) p_{total} versus x_2 juga linier (Gambar 1.3). Minimal nilai p_{total} adalah p_1^0 dan nilai maksimalnya adalah p_2^0 , dengan asumsi komponen 1 lebih kecil yang mudah menguap dibandingkan komponen 2, yaitu $p_1^0 < p_2^0$.



Gambar 1.3. Plot tekanan uap dan fraksi mol larutan ideal pada suhu konstan. Garis putus-putus I dan II melambangkan sebagian tekanan komponen. (Itu bisa dilihat dari plot bahwa p_1 dan p_2 secara langsung sebanding dengan x_1 dan x_2). Tekanan uap total diberikan oleh garis yang ditandai sebagai garis III pada gambar.

Komposisi fase uap dalam keadaan kesetimbangan dengan larutan ditentukan oleh tekanan parsial komponennya. Jika y_1 dan y_2 adalah fraksi mol komponen 1 dan 2 masing-masing dalam fase uap, menggunakan Hukum Dalton untuk tekanan parsial:

$$p_1 = y_1 p_{\text{total}}$$

$$p_2 = y_2 p_{\text{total}}$$

Secara umum,

$$p_i = y_i p_{\text{total}}$$

1.4.2 Hukum Raoult sebagai kasus khusus milik Hukum Henry

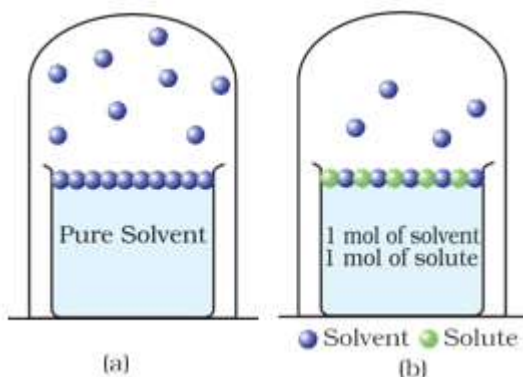
Menurut Hukum Raoult, tekanan uap suatu komponen yang mudah menguap dalam larutan tertentu diberikan oleh $p_i = x_i p_i^0$. Dalam larutan gas dalam cairan, salah satu komponennya sangat mudah menguap sehingga ada berbentuk sebagai gas dan kita telah melihat bahwa kelarutannya ditentukan oleh Hukum Henry yang mana menyatakan bahwa:

$$p = K_H x.$$

Jika kita membandingkan persamaan Hukum Raoult dan Hukum Henry, maka persamaan tersebut adalah dapat dilihat bahwa tekanan parsial komponen atau gas yang mudah menguap berbanding lurus dengan fraksi molnya dalam larutan. Hanya saja konstanta proporsionalitas K_H berbeda dengan p_1^0 . Dengan demikian, Hukum Raoult menjadi kasus khusus pada Hukum Henry dimana K_H menjadi sama dengan p_1^0 .

1.4.3 Tekanan Uap Larutan dari Padatan didalam Cairan

Jenis larutan penting lainnya yaitu terdiri dari padatan terlarut di dalam cairan, misalnya natrium klorida, glukosa, urea, dan gula tebu air dan yodium dan belerang yang dilarutkan dalam karbon disulfida. Beberapa sifat fisik larutan ini sangat berbeda dengan sifat fisik pelarut murninya, misalnya tekanan uap. Kita telah belajar dibagian seelumnya, yaitu zat cair pada suhu tertentu menguap ke bawah mengkondisikan kesetimbangan tekanan yang diberikan oleh uap zat cair di atas fase zat cair disebut tekanan uap [Gambar 1.4 (a)]. Dalam cairan murni seluruh permukaannya ditempati oleh molekul-molekul cairan. Jika sebuah zat terlarut yang tidak mudah menguap ditambahkan ke pelarut memberikan bentuk larutan [Gambar 1.4.(b)], tekanan uap larutan semata-mata hanya dari pelarut saja. Tekanan uap larutan pada suhu tertentu ditemukan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murni pada suhu yang sama. Di dalam larutan, permukaannya yang mempunyai zat terlarut dan molekul pelarut; dengan demikian pecahan dari permukaan ini ditutupi oleh molekul pelarut didapatkan jumlahnya berkurang. Akibatnya, jumlah molekul pelarut keluar dari permukaan dengan demikian sehingga uapnya juga berkurang dan tekanannya juga berkurang.



Gambar 1.4. Penurunan tekanan uap pada pelarut karena adanya zat terlarut dalam pelarut (a) penguapan molekul pelarut dari permukaannya dilambangkan dengan , (b) dalam suatu larutan, partikel zat terlarut dilambangkan dengan  dan juga menempati sebagian luas permukaan.

Penurunan tekanan uap pelarut bergantung pada jumlah zat terlarut non-volatil yang ada dalam larutan, berapa pun jenis dan sifatnya. Misalnya penurunan tekanan uap air dengan menambahkan sebesar 1,0 mol sukrosa ke dalam 1 kg air hampir sama dengan diproduksi yang menambahkan 1,0 mol urea ke sejumlah air yang sama pada suhu yang sama.

Hukum Raoult dalam bentuk umumnya dapat dinyatakan untuk penyelesaian tentang tekanan uap parsial dari masing-masing komponen yang mudah menguap dalam larutan yang berbanding lurus dengan fraksi molnya.

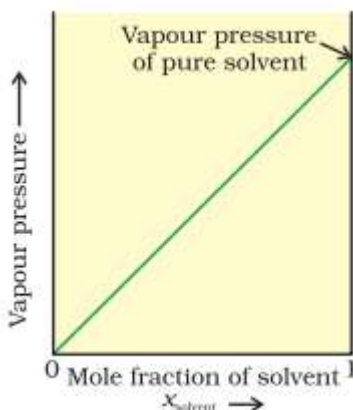
Dalam larutan biner, kita nyatakan pelarut dengan 1 dan zat terlarut dengan 2. Jika zat terlarut bersifat nonvolatil, hanya molekul pelarut saja yang bersifat non-volatil yang hadir dalam fase uap dan berkontribusi terhadap tekanan uap. Misalkan p_1 adalah tekanan uap pelarut, x_1 menjadi fraksi molnya, p_1^0 menjadi tekanan uapnya dalam keadaan murni. Kemudian menurut hukum Raoult:

$$p_1 \propto x_1$$

Dan

$$p_1 = x_1 p_1^0$$

Konstanta proporsionalitas adalah sama dengan tekanan uap pelarut murni, p^0_1 . Plot antara tekanan uap dan fraksi mol pelarutnya linier (Gambar 1.5).



Gambar 1.5. Jika larutan mematuhi Hukum Raoult untuk semua konsentrasi, tekanan uap akan bervariasi secara linear dari nol hingga tekanan uap sebesar pelarut murni.

1.5 Larutan Ideal dan Non-ideal

Larutan cair-cair dapat diklasifikasikan menjadi larutan ideal dan non-ideal berdasarkan Hukum Raoult.

1.5.1 Larutan Ideal

Larutan yang mematuhi hukum Raoult pada seluruh rentang konsentrasi disebut larutan ideal. Larutan ideal punya dua sifat penting lainnya. Entalpi pencampuran zat murni komponen-komponen yang membentuk larutan adalah nol dan volume pencampurannya adalah juga nol, yaitu:

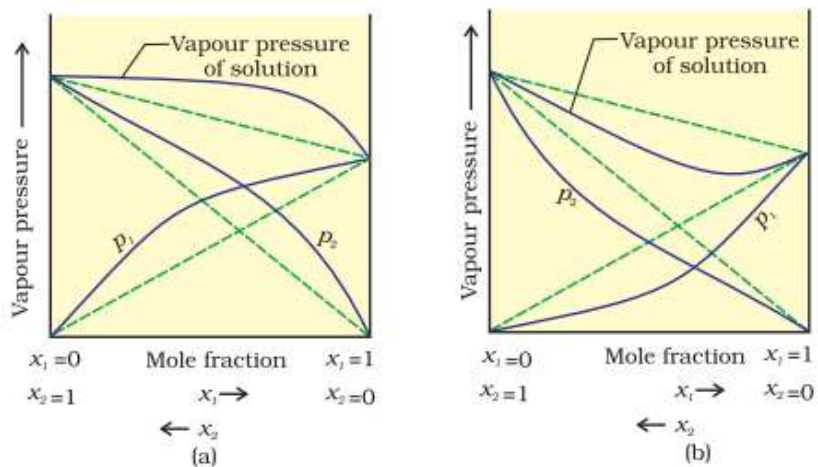
$$\Delta_{\text{mix}}H = 0, \quad \Delta_{\text{mix}}V = 0$$

Artinya tidak ada panas yang diserap atau dilepaskan saat komponen tersebut tercampur. Selain itu, volume larutan akan sama dengan jumlah dari volume kedua komponen tersebut. Pada tingkat molekuler, perilaku ideal larutannya dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan dua komponen A dan B. Dalam komponen murni, interaksi tarik menarik antarmolekul akan terjadi menjadi tipe A-A dan B-B, sedangkan pada larutan biner selain itu

pada kedua interaksi ini, interaksi tipe A-B juga akan hadir. Jika gaya tarik menarik antarmolekul antara A-A dan B-B adalah hampir sama dengan antara A-B, hal ini mengarah pada terbentuknya larutan ideal. Larutan yang benar-benar ideal jarang ditemukan, namun ada beberapa larutan yang hampir tercapai ideal dalam berperilaku. Larutan n-heksana dan n-heptana, bromoetana dan kloroetana, benzena dan toluena, dll. termasuk dalam kategori ini.

1.5.2 Larutan Tidak Ideal

Ketika suatu larutan tidak mematuhi hukum Raoult pada seluruh rentang konsentrasinya, maka disebut larutan tidak ideal. Tekanan uap larutan tersebut lebih tinggi atau lebih rendah dari yang diperkirakan pada persamaan Hukum Raoult. Jika lebih tinggi, larutannya menunjukkan deviasi positif dan jika lebih rendah, maka menunjukkan deviasi negatif dari Hukum Raoult. Plot tekanan uap sebagai fungsi fraksi mol untuk larutan tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.6.

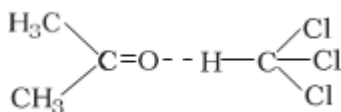


Gambar 1.6. Tekanan uap dua sistem komponen sebagai fungsi dari komposisi (a) larutan yang menunjukkan deviasi positif dari hukum Raoult dan (b) larutan itu menunjukkan deviasai negatif dari hukum Raoult.

Penyebab penyimpangan ini terletak pada sifat interaksi di dalam tingkat molekuler. Jika terjadi deviasi positif dari Hukum

Raoult, interaksi A-B lebih lemah dibandingkan antara A-A atau B-B, yaitu dalam kasus ini gaya tarik menarik antarmolekul antara molekul-molekul zat terlarut-pelarut lebih lemah dibandingkan antara zat terlarut-zat terlarut dan molekul pelarut- molekul pelarut. Ini berarti bahwa dalam larutan seperti itu, molekul A (atau B) akan bereaksi lebih mudah untuk melarikan diri daripada dalam keadaan murni. Hal ini akan meningkatkan tekanan uap dan mengakibatkan deviasi positif. Campuran etanol dan aseton berperilaku seperti ini. Dalam etanol murni, molekulnya terikat hidrogen. Saat menambahkan aseton, molekulnya berada diantara molekul inang dan memutus sebagian ikatan hidrogen di antara keduanya. Karena melemahnya interaksi, larutannya menunjukkan deviasi positif dari Hukum Raoult [Gambar 1.6 (a)]. Dalam larutan yang dibentuk dengan menambahkan karbon disulfida ke dalamnya aseton, interaksi dipolar antara molekul zat terlarut-pelarut adalah lebih lemah dari interaksi masing-masing antara zat terlarut-zat terlarut dan molekul pelarut-pelarut. Larutan ini juga menunjukkan deviasi positif.

Jika terjadi penyimpangan negatif dari Hukum Raoult, gaya tarik menarik antarmolekul antara A-A dan B-B lebih lemah dibandingkan gaya tarik menarik antara keduanya A-B dan menyebabkan penurunan tekanan uap sehingga bernilai deviasi negatif. Contoh jenis ini adalah campuran fenol dan anilin. Dalam hal ini terjadi ikatan hidrogen antarmolekul antara proton fenolik dan pasangan elektron bebas pada atom nitrogen anilin yang lebih kuat dibandingkan ikatan hidrogen antarmolekul masing-masing antara molekul yang serupa. Demikian pula campuran kloroform dan aseton membentuk larutan dengan deviasi negatif dari Hukum Raoult. Hal ini dikarenakan molekul kloroform mampu membentuk ikatan hidrogen dengan molekul aseton seperti yang ditunjukkan.



Hal ini mengurangi kecenderungan lepasnya molekul untuk masing-masing molekul komponen dan akibatnya tekanan uap menurun dalam deviasi negatif dari Hukum Raoult [Gambar 1.6. (b)].

Beberapa cairan jika dicampur membentuk azeotrop yang merupakan campuran biner memiliki komposisi yang sama dalam fase cair dan uap dan mendidih pada suhu yang konstan. Dalam kasus seperti ini, tidak mungkin untuk memisahkan komponen dengan distilasi fraksional. Ada dua jenis azeotrope yaitu azeotrop titik didih minimum dan azeotrop titik didih maksimum. Larutan yang menunjukkan deviasi positif yang besar Hukum Raoult membentuk azeotrop titik didih minimum pada komposisi tertentu. Misalnya campuran etanol-air (diperoleh melalui fermentasi gula) pada distilasi fraksional menghasilkan larutan yang mengandung sekitar 95% berdasarkan volume etanol. Dulu komposisi ini dikenal dengan nama azeotrope komposisinya telah tercapai, cairan dan uapnya sama komposisinya, dan tidak terjadi pemisahan lebih lanjut.

Larutan yang menunjukkan deviasi negatif yang besar terhadap Hukum Raoult membentuk azeotrop dengan titik didih maksimum pada komposisi tertentu. Asam Nitrit dan air adalah contoh dari kelas azeotrop ini. Azeotrop ini memiliki perkiraan komposisi, 68% asam nitrit dan 32% air berdasarkan massa, dengan titik didih 393,5 K.

DAFTAR PUSTAKA

Chang, R. 2014. "Kimia Dasar: Konsep-Konsep Inti". Penerbit Erlangga.

Ncert.nic.in. Solutions. Diakses pada tanggal 27 Nopemer 2023
<https://ncert.nic.in/ncerts/l/lech102.pdf>

BAB 2

TERMODINAMIKA KIMIA LARUTAN

Oleh Aan Sefentry

2.1 Pendahuluan

Termodinamika merupakan cabang ilmu yang mempelajari aliran energi, perubahan energi, dan perpindahan panas dalam sistem kimia dan fisika. Dalam konteks kimia larutan, termodinamika memainkan peran kunci dalam pemahaman interaksi antara zat-zat yang terlarut dalam pelarut. Pentingnya termodinamika dalam kimia larutan dapat dilihat dari beberapa aspek seperti membantu memahami perilaku larutan zat-zat berinteraksi satu sama lain saat larut dalam pelarut, apa yang akan terjadi pada saat zat terlarut ditambahkan ke dalam pelarut, dan bagaimana faktor-faktor seperti **suhu dan tekanan** memengaruhi perilaku larutan (Tungadi, 2020).

Pengaruh suhu dapat memengaruhi sejauh mana suatu zat dapat larut dalam pelarut. Hukum termodinamika, seperti Hukum Le Chatelier, memungkinkan untuk memprediksi bagaimana peningkatan suhu dapat meningkatkan kelarutan beberapa zat, sementara pada zat lain, peningkatan suhu dapat mengurangi kelarutan.

Suhu memiliki pengaruh yang signifikan pada kelarutan zat dalam pelarut dan dapat berbeda tergantung pada jenis zat dan sifat-sifatnya. Pengaruh suhu pada kelarutan dapat dijelaskan melalui prinsip termodinamika, termasuk Hukum Le Chatelier menyatakan bahwa jika suatu sistem berada dalam kesetimbangan dan ada perubahan dalam parameter tertentu, sistem akan menyesuaikan diri untuk mengimbangi perubahan tersebut dan mencapai keseimbangan baru. Dalam konteks kelarutan, dianggap pelarutan sebagai reaksi kimia antara zat terlarut dan pelarut, misalnya, ketika menambahkan garam (seperti garam meja) ke dalam air, garam tersebut akan larut, dan reaksi kimia ini mencapai kesetimbangan.

Peningkatan suhu cenderung meningkatkan kelarutan zat dalam pelarut untuk sebagian besar senyawa padatan dalam air. Ini terkait dengan Hukum Le Chatelier, yang berlaku dalam konteks ini sebagai peningkatan suhu adalah perubahan kondisi yang akan mendorong reaksi ke arah yang mengabsorpsi energi tambahan. Ketika zat terlarut larut dalam air, ini seringkali merupakan proses endotermik (menyerap panas), dengan meningkatkan suhu, sistem akan mencoba untuk mengimbangi peningkatan energi dengan meningkatkan kelarutan, sehingga lebih banyak zat terlarut akan larut dalam pelarut. Namun, ada juga senyawa yang kelarutannya berkurang ketika suhu dinaikkan, terutama pada senyawa gas dalam pelarut cair. Hal ini terkait dengan prinsip Hukum Le Chatelier, misalnya, dalam kasus gas di dalam air, seperti oksigen, karbon dioksida, atau gas amonia, peningkatan suhu akan mengurangi kelarutan karena reaksi larutan ini adalah eksotermik (melepaskan panas). Dengan meningkatkan suhu, sistem akan mencoba mengimbangi peningkatan energi dengan mengurangi kelarutan, sehingga lebih sedikit gas akan larut dalam pelarut. Jadi, suhu memengaruhi kelarutan berbagai zat dalam pelarut melalui perubahan energi reaksi dan prinsip Hukum Le Chatelier (Actinium *et al.*, no date). Penting untuk memahami bagaimana perubahan suhu akan memengaruhi kelarutan dalam konteks spesifik zat dan pelarutnya untuk merancang proses kimia atau pemisahan yang tepat dalam industri kimia.

Pengaruh tekanan memiliki pengaruh yang lebih besar pada kelarutan gas dalam pelarut, hukum-hukum termodinamika juga memperhitungkan pengaruh tekanan terhadap larutan zat padat dalam pelarut. Perubahan tekanan dapat mempengaruhi tingkat kelarutan beberapa senyawa. Pengaruh Tekanan pada Kelarutan Gas dalam Pelarut seperti di nyatakan dalam hukum Henry yang menggambarkan hubungan antara tekanan gas di atas pelarut dan kelarutan gas dalam pelarut pada suhu tertentu (Suhartono *et al.*, 2018). Hukum Henry dinyatakan dalam bentuk umum sebagai: $C = k \cdot P$, di mana C adalah konsentrasi gas dalam pelarut, k adalah konstanta Henry, dan P adalah tekanan gas di atas pelarut. artinya dengan meningkatnya tekanan gas di atas pelarut, konsentrasi gas dalam pelarut juga meningkat secara linear, asalkan suhu tetap.

Pada tekanan tinggi, kelarutan gas dalam pelarut cenderung meningkat. Ini berlaku untuk sebagian besar gas yang larut dalam pelarut, seperti oksigen dalam air. Suatu contoh dalam industri makanan dan minuman, oksigen dapat larut dalam air pada tekanan tinggi. Peristiwa ini dimanfaatkan dalam proses seperti aerasi minuman berkarbonasi seperti cola, di mana karbon dioksida dilarutkan dalam air di bawah tekanan tinggi untuk menciptakan efek karbonasi. Pada tekanan rendah, kelarutan gas dalam pelarut cenderung berkurang, terutama berlaku untuk senyawa yang kurang larut dalam pelarut pada tekanan atmosfer, seperti gas amonia dalam air, seperti dalam proses pemurnian amonia dalam industri kimia, amonia dilarutkan dalam air pada tekanan rendah, dan kemudian tekanan dinaikkan untuk menghilangkan amonia dari larutan.

Untuk zat padat dalam pelarut, pengaruh tekanan seringkali tidak signifikan, terutama jika kita berbicara tentang senyawa non-gas. Peningkatan tekanan biasanya tidak memiliki dampak besar pada kelarutan padatan dalam pelarut cair. Dalam situasi tertentu, terutama dalam kelarutan padatan dalam pelarut gas, tekanan dapat memiliki efek yang lebih nyata seperti, dalam pemurnian logam dengan proses ekstraksi pelarut gas, perubahan tekanan dapat mempengaruhi kelarutan logam dalam pelarut gas.

Dapat disimpulkan tekanan memiliki pengaruh yang lebih besar pada kelarutan gas dalam pelarut dibandingkan dengan kelarutan padatan dalam pelarut. Pengaruh tekanan pada kelarutan gas dalam pelarut dapat dijelaskan oleh Hukum Henry, yang menggambarkan hubungan linear antara tekanan gas dan konsentrasi gas dalam pelarut pada suhu tertentu. Pemahaman dalam industri kimia, tentang bagaimana tekanan memengaruhi kelarutan sangat penting dalam proses pemisahan dan ekstraksi, terutama dalam pemurnian dan produksi gas yang larut dalam pelarut. Begitu juga dalam industri kimia, pemahaman termodinamika kimia larutan sangat penting hal ini digunakan dalam pemurnian bahan kimia, pemisahan campuran, dan pengembangan proses kimia yang efisien. Termodinamika juga menjadi landasan dalam perancangan reaktor kimia dan unit pemisahan dalam berbagai industri.

Ketika industri kimia memproduksi bahan kimia, seringkali bahan baku yang digunakan memiliki kontaminan atau impuritas. Termodinamika kimia digunakan untuk merancang proses pemurnian yang efisien, misalnya dalam pemurnian logam seperti emas atau perak, termodinamika dapat membantu menentukan kondisi terbaik untuk ekstraksi dan pemisahan logam dari bijihnya. Banyak industri, seperti industri petrokimia, memerlukan pemisahan campuran kimia kompleks. Termodinamika kimia membantu dalam merancang proses pemisahan yang efisien contohnya distilasi dalam pemisahan campuran cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya.

Pengembangan Proses Kimia Efisien termodinamika kimia membantu dalam pengembangan proses kimia yang lebih efisien, yang menghasilkan lebih sedikit limbah atau memerlukan lebih sedikit energi. Ini bisa menghemat biaya produksi dan mengurangi dampak lingkungan. Dalam perancangan reaktor kimia, termodinamika sangat penting dalam membantu insinyur kimia untuk memahami parameter seperti suhu, tekanan, dan komposisi gas yang optimal untuk reaksi kimia tertentu, misalnya dalam industri produksi amonia, pemahaman termodinamika sangat penting untuk merancang reaktor amonia yang efisien. Termodinamika kimia juga digunakan dalam desain unit pemisahan seperti kolom destilasi, separator, dan ekstraksi. Ini membantu dalam pemisahan komponen dalam campuran larutan atau gas berdasarkan perbedaan sifat-sifat termodinamika, contoh penerapan termodinamika kimia dalam industri adalah pemisahan minyak bumi menjadi fraksi-fraksi seperti bensin, diesel, dan kerosin melalui proses distilasi fraksional. Dalam hal ini, pemahaman termodinamika membantu menentukan suhu dan tekanan yang tepat untuk memisahkan komponen-komponen ini sesuai dengan perbedaan titik didih. Dengan kata lain, termodinamika kimia memberikan dasar teoritis yang kuat untuk merancang, mengoptimalkan, dan mengendalikan proses kimia dalam industri. Ini memungkinkan industri kimia untuk bekerja lebih efisien, menghasilkan produk yang lebih murni, dan mengurangi dampak lingkungan mereka.

Segi pengembangan material dan kimia bahan, termodinamika memungkinkan kita untuk merancang bahan-bahan dengan sifat-sifat tertentu, termasuk pelarutan, kristalisasi, dan kelarutan dalam berbagai kondisi, misal pengembangan material melalui termodinamika:

Pengembangan Bahan Superkonduktor, termodinamika digunakan untuk merancang material yang menjadi superkonduktor pada suhu tertentu. Dengan memahami sifat-sifat termodinamika dari material, peneliti dapat mencari komposisi dan kondisi yang memungkinkan konduktivitas tanpa hambatan.

Dalam kimia farmasi, termodinamika digunakan untuk merancang obat-obatan dengan kelarutan yang optimal dalam cairan tubuh yang melibatkan pemahaman tentang tekanan dan suhu mempengaruhi kelarutan obat dalam larutan.

Termodinamika juga digunakan untuk mengendalikan proses kristalisasi material dengan memahami keseimbangan antara zat terlarut dan zat terlarut dalam larutan, peneliti dapat merancang metode kristalisasi yang menghasilkan kristal dengan sifat-sifat yang diinginkan. Dalam pengembangan material dan kimia bahan, termodinamika merupakan alat penting yang membantu ilmuwan dan insinyur merancang material dengan sifat-sifat yang diinginkan. Dengan memahami prinsip-prinsip termodinamika dapat di optimalkan komposisi, suhu, dan tekanan untuk mencapai hasil yang diinginkan dalam berbagai aplikasi.

Relevansi dalam ilmu alam termodinamika kimia larutan juga berperan dalam memahami fenomena alam seperti pembentukan awan, pengaruh perubahan suhu di lautan, pembentukan endapan mineral di lingkungan geologi, dan banyak lagi, contohnya termodinamika berperan dalam memahami bagaimana awan terbentuk dan mengapa beberapa awan dapat menghasilkan hujan sedangkan yang lain tidak, terkait dengan perubahan fase dari uap air menjadi tetesan air kemudian peningkatan suhu lautan dapat mengurangi kelarutan oksigen dalam air laut, yang dapat berdampak buruk pada ekosistem laut. Termodinamika larutan membantu dalam menjelaskan bagaimana kelarutan oksigen dipengaruhi oleh perubahan suhu dan tekanan, serta bagaimana ini dapat memengaruhi organisme laut. Contoh

lainnya di dasar laut, sumber panas hidrotermal mengeluarkan larutan yang kaya akan mineral. Ketika larutan ini bertemu dengan air laut yang lebih dingin, terjadilah pengendapan mineral seperti sulfida logam. Termodinamika larutan digunakan untuk memahami bagaimana reaksi ini terjadi pada tekanan dan suhu tinggi. Menggunakan prinsip-prinsip termodinamika kimia larutan, ilmuwan dapat menjelaskan dan meramalkan berbagai fenomena alam yang melibatkan larutan dan reaksi kimia, membantu memahami cara alam bekerja dan memiliki implikasi penting dalam berbagai aspek lingkungan, geologi, dan meteorologi.

2.2 Konsep Entalpi

Entalpi adalah salah satu konsep penting dalam termodinamika kimia yang digunakan untuk mengukur dan memahami perubahan energi dalam sebuah sistem kimia selama reaksi. Ahli kimia menggunakan persamaan termokimia untuk merepresentasikan perubahan materi dan energi. Dalam sebuah persamaan termokimia, perubahan entalpi suatu reaksi dilambangkan dengan simbol "H" dan dapat dinyatakan dalam bentuk perubahan entalpi (ΔH) selama suatu reaksi kimia. Rumus dasar untuk entalpi adalah sebagai berikut:

$$\Delta H = H_2 - H_1$$

Di mana:

ΔH adalah perubahan entalpi selama reaksi kimia.

H_2 adalah entalpi akhir sistem setelah reaksi.

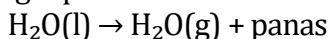
H_1 adalah entalpi awal sistem sebelum reaksi.

Entalpi dapat berupa positif ($\Delta H > 0$), negatif ($\Delta H < 0$), atau nol ($\Delta H = 0$), tergantung pada jenis reaksi kimia yang terjadi:

ΔH Positif menunjukkan bahwa reaksi adalah endotermik, yang berarti sistem menyerap energi dari sekitarnya. Ini berarti bahwa entalpi sistem meningkat setelah reaksi.

Reaksi endotermik adalah jenis reaksi kimia di mana sistem menyerap energi dari lingkungan sekitarnya dalam bentuk panas. Saat reaksi dimulai, energi kinetik partikel-partikel dalam sistem

meningkat, dan sistem memerlukan tambahan energi untuk mengatasi peningkatan ini. Selama reaksi endotermik, energi total sistem (entropi) bertambah, yang berarti sistem mendapatkan energi tambahan. Ini tercermin dalam perubahan entalpi (ΔH) yang positif. ΔH positif menunjukkan bahwa entalpi (energi total) produk lebih tinggi daripada entalpi reaktan, sehingga energi panas harus diserap oleh sistem agar reaksi berlangsung. Penguapan air adalah contoh klasik reaksi endotermik. Saat Anda memanaskan air di atas kompor, air berubah menjadi uap air (gas), dan energi panas dari kompor diserap oleh air untuk mengatasi daya tarik antarmolekular dalam air. Reaksi endotermik juga terjadi dalam proses pendinginan reaktor nuklir dan dalam beberapa reaksi kimia yang memerlukan panas tambahan untuk berlangsung. Contoh reaksi endotermik sederhana berupa penguapan air.

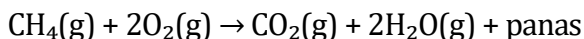


Dalam reaksi ini, air dalam wujud cair ($\text{H}_2\text{O(l)}$) mengalami penguapan menjadi uap air ($\text{H}_2\text{O(g)}$), dan selama proses ini, energi panas diserap dari lingkungan. Reaksi endotermik sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pendinginan, pengeringan, dan refrigerasi. Selain itu, dalam industri kimia, reaksi endotermik dapat digunakan dalam proses kimia yang memerlukan penyerapan panas tambahan, seperti dalam pembuatan amonium nitrat atau dalam pengeringan bahan-bahan kimia tertentu.

ΔH Negatif menunjukkan bahwa reaksi adalah eksotermik, yang berarti sistem melepaskan energi ke sekitarnya. Ini berarti bahwa entalpi sistem menurun setelah reaksi.

Reaksi eksotermik terjadi ketika sistem melepaskan energi ke lingkungan sekitarnya dalam bentuk panas. Ketika reaksi dimulai, energi potensial zat-zat reaktan yang ada dalam sistem tersebut dilepaskan dan diubah menjadi energi kinetik, yang menghasilkan peningkatan suhu dalam sistem. Selama reaksi eksotermik, energi total sistem (entropi) berkurang, yang berarti sistem kehilangan energi. Ini tercermin dalam perubahan entalpi (ΔH) yang negatif. ΔH negatif menunjukkan bahwa entalpi (energi total) produk lebih rendah daripada entalpi reaktan, sehingga ada pelepasan energi panas. Pembakaran adalah contoh reaksi eksotermik yang paling umum. Ketika Anda membakar bahan bakar

seperti kayu dalam sebuah perapian, atau saat mesin mobil membakar bensin, reaksi kimia terjadi dengan oksigen dari udara, dan energi panas dilepaskan. Reaksi eksotermik juga terjadi dalam reaksi kimia sehari-hari seperti reaksi antara asam dan basa, pembekuan air menjadi es, dan banyak reaksi kimia dalam proses industri. Contoh reaksi eksotermik sederhana reaksi pembakaran metana:



Dalam reaksi ini, metana (CH_4) dan oksigen (O_2) bereaksi untuk membentuk karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O), dan selama proses ini, panas dilepaskan.

Reaksi eksotermik memiliki banyak aplikasi penting dalam kehidupan sehari-hari dan industri, seperti menghasilkan energi panas dan listrik dalam pembangkit listrik, serta dalam berbagai proses kimia seperti pengeringan, pengawetan makanan, dan produksi logam.

ΔH Nol menunjukkan bahwa reaksi adalah isothermal, yang berarti tidak ada perubahan netto dalam energi sistem selama reaksi.

Reaksi isothermal adalah jenis reaksi kimia yang berlangsung pada suhu konstan. Ini berarti bahwa selama seluruh reaksi kimia berlangsung, suhu sistem dijaga pada nilai tertentu dan tidak mengalami perubahan. Reaksi isothermal biasanya digunakan dalam studi perubahan kimia yang terjadi pada kondisi tertentu yang memungkinkan pengukuran yang lebih mudah dan pemahaman yang lebih baik tentang perilaku reaksi kimia. Reaksi isothermal sering digunakan dalam penelitian kimia karena memungkinkan kita untuk memahami perubahan dalam sistem pada suhu yang stabil. Pada suhu isothermal, perubahan dalam tekanan dan volume sistem dapat diamati dan diukur lebih mudah, yang berguna untuk pemahaman perilaku gas atau reaksi kimia lainnya.

Hukum gas ideal ($PV = nRT$) sering digunakan untuk menjelaskan hubungan antara tekanan (P), volume (V), jumlah zat (n), konstanta gas (R), dan suhu (T) dalam reaksi isothermal. Ketika suhu (T) tetap konstan selama reaksi, hukum gas ideal dapat digunakan untuk meramalkan bagaimana perubahan tekanan dan

volume akan mempengaruhi sistem. Reaksi isothermal dapat digunakan dalam berbagai penelitian, termasuk dalam studi gas ideal, termodinamika, dan kinetika reaksi kimia. Dalam kimia fisik dan termodinamika, reaksi isothermal memungkinkan kita untuk memahami bagaimana perubahan tekanan dan volume mempengaruhi entropi, energi bebas Gibbs, dan entalpi sistem pada suhu konstan. Salah satu contoh penerapan reaksi isothermal adalah eksperimen gas ideal, di mana tekanan dan volume gas diamati pada suhu konstan. Dengan mengukur tekanan dan volume gas pada suhu yang tetap, hukum gas ideal dapat digunakan untuk menghitung jumlah zat (n) atau massa molar gas yang diamati.

Keuntungan utama dari reaksi isothermal adalah bahwa suhu yang konstan mempermudah pengukuran dan analisis data, terutama dalam konteks perubahan gas ideal. Ini juga memungkinkan penelitian yang lebih terkendali tentang perubahan sistem pada suhu tertentu. Reaksi isothermal adalah alat penting dalam kimia untuk memahami dan menguji berbagai konsep termodinamika dan kinetika. Dalam pengujian teori atau pemahaman tentang reaksi kimia, menciptakan kondisi isothermal dapat membantu ilmuwan dan peneliti mengambil data yang akurat dan berguna untuk analisis lebih lanjut.

Dalam reaksi ini, kita dapat menggunakan hukum gas ideal untuk meramalkan bagaimana perubahan tekanan dan volume akan mempengaruhi sistem:

$$PV = nRT$$

Di mana:

P adalah tekanan gas.

V adalah volume gas.

n adalah jumlah zat gas.

R adalah konstanta gas universal.

T adalah suhu (yang dijaga konstan dalam reaksi isothermal).

Contoh sederhana adalah reaksi isothermal antara gas hidrogen (H_2) dan gas klor (Cl_2) pada suhu konstan tertentu. Dalam reaksi ini, tekanan dan volume gas dapat berubah sesuai dengan hukum gas ideal untuk menjaga suhu tetap konstan.

Meskipun reaksi isothermal ini sederhana, penting untuk diingat bahwa reaksi kimia dalam dunia nyata sering lebih kompleks. Namun, konsep reaksi isothermal pada suhu konstan membantu kita memahami perubahan gas ideal dan dapat digunakan sebagai dasar untuk memahami perubahan sistem kimia dalam kondisi yang terkendali pada suhu tertentu.

2.3 Entropi

Entropi merupakan salah satu konsep fundamental dalam termodinamika kimia yang digunakan untuk mengukur dan memahami tingkat ketidakteraturan atau keteraturan dalam suatu sistem. Konsep ini dilambangkan dengan simbol "S" dan merupakan salah satu faktor penting dalam memahami perubahan energi dan reaksi kimia. Pengertian Entropi adalah ukuran tingkat ketidakteraturan atau keteraturan dalam sistem kimia. Ini mencerminkan sejauh mana partikel-partikel dalam sistem tersebar atau terorganisir. Simbol Entropi biasanya dilambangkan dengan simbol "S." Ini berasal dari kata Yunani "entropia," yang berarti "perubahan dalam arah yang berlawanan" dan mencerminkan konsep bahwa entropi meningkat saat sistem bergerak menuju keadaan yang lebih tidak teratur (Chusni *et al.*, 2018).

Perubahan Entropi (ΔS) seperti halnya entalpi, juga digunakan dalam kimia untuk mengukur perubahan dalam sistem selama reaksi. ΔS adalah perbedaan antara nilai entropi akhir produk dengan entropi awal reaktan dalam suatu reaksi kimia. Terdapat beberapa situasi yang dapat mengakibatkan peningkatan entropi:

Fase Agregat:

Pergantian dari fase padat ke fase cair atau gas sering kali disertai dengan peningkatan entropi karena partikel-partikel menjadi lebih terdispersi.

Peningkatan Jumlah Partikel:

Menambahkan lebih banyak molekul atau partikel ke dalam sistem juga cenderung meningkatkan entropi, karena ada lebih banyak cara berbeda di mana partikel dapat disusun.

Peningkatan Suhu:

Kenaikan suhu juga dapat meningkatkan entropi, karena partikel memiliki energi kinetik yang lebih tinggi dan lebih banyak kebebasan bergerak.

Reaksi Kimia:

Beberapa reaksi kimia dapat menghasilkan peningkatan entropi jika produk memiliki lebih banyak partikel atau lebih banyak kekacauan dalam susunan partikelnya.

Satuan entropi dalam sistem internasional adalah joule per kelvin (J/K). Namun, sering kali, dalam kimia, satuan yang lebih umum digunakan adalah kalori per kelvin (cal/K). Relevansi Termodinamika entropi terkait erat dengan hukum kedua termodinamika, yang menyatakan bahwa entropi alam semesta selalu meningkat atau tetap konstan selama proses alam semesta, dalam konteks kimia ini berarti reaksi kimia cenderung menuju keadaan yang lebih tidak teratur atau memiliki entropi yang lebih tinggi, kecuali jika ada energi tambahan yang diinvestasikan untuk mengurutkannya.

Entropi juga berperan penting dalam menentukan apakah suatu reaksi kimia akan terjadi secara spontan atau memerlukan energi tambahan. Jika ΔS positif, itu menunjukkan bahwa reaksi meningkatkan entropi, yang cenderung mendukung terjadinya reaksi. Entropi adalah salah satu konsep kunci dalam termodinamika kimia yang membantu kita memahami berbagai aspek perubahan energi dan perilaku sistem kimia.

Tabel 2.1. Perbedaan entalpi dan entropi

Kategori	Entalpi	Entropi
Definisi	Entalpi mengukur perubahan panas atau perubahan energi internal sistem selama reaksi kimia di bawah tekanan konstan	Entropi adalah ukuran gangguan atau keacakan dalam sistem selama proses kimia
Satuan SI	Satuan SI untuk entalpi spesifik Joule per kilogram (J/kg)	Satuan dalam Joule per Kelvin (J/K)
Persamaan	$H = U + PV$	$S = q/T$

Sumber: (Cengel and Boles, 2008)

2.4 Energi Gibbs

Energi Gibbs (energi bebas Gibbs atau perubahan energi Gibbs) merupakan sebuah konsep penting dalam termodinamika kimia yang digunakan untuk mengukur ketersediaan energi dalam sebuah sistem kimia untuk melakukan kerja yang berguna pada tekanan dan suhu tertentu. Energi Gibbs dinotasikan dengan simbol G dan diukur dalam satuan energi (biasanya joule per mol, J/mol). (*Physical Chemistry*, 1961)

Energi Gibbs terkait erat dengan konsep kesetimbangan kimia dan memberikan informasi tentang arah dan kecenderungan reaksi kimia. Konsep ini dijelaskan oleh persamaan Gibbs-Helmholtz:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Di mana:

ΔG adalah perubahan energi Gibbs (J/mol)

ΔH adalah perubahan entalpi (J/mol)

T adalah suhu dalam Kelvin (K)

ΔS adalah perubahan entropi (J/mol·K)

Energi Gibbs dapat memberikan informasi penting tentang reaksi kimia:

Jika $\Delta G < 0$, reaksi bersifat spontan dalam kondisi tertentu dan cenderung bergerak ke arah produk.

Jika $\Delta G > 0$, reaksi tidak bersifat spontan dalam kondisi tertentu dan cenderung bergerak ke arah reaktan.

Jika $\Delta G = 0$, sistem berada dalam kesetimbangan pada kondisi tertentu.

Termodinamika kimia larutan memeriksa sifat-sifat larutan dan bagaimana reaksi kimia terjadi dalam larutan. Beberapa konsep dan persamaan termodinamika kimia yang relevan untuk larutan adalah:

Potensial Kimia (μ):

Potensial kimia adalah energi bebas Gibbs per mol zat dalam larutan. Hal ini mengukur ketersediaan energi dalam larutan dan membantu dalam memahami proses pengenceran, pelarutan, dan perpindahan zat antara larutan.

Aktivitas (a):

Aktivitas adalah pengukuran aktivitas relatif zat dalam larutan dibandingkan dengan substansi murni dalam kondisi standar. Aktivitas digunakan untuk memperhitungkan ketidaksempurnaan larutan dan efek interaksi antar molekul (Suyanta, 2013).

Hukum Raoult:

Hukum Raoult berlaku untuk larutan ideal dan menggambarkan hubungan antara tekanan uap komponen dalam larutan dan fraksi mol komponen tersebut (Rahmatillah and Mustain, 2023).

Hukum Henry:

Hukum Henry berlaku untuk gas yang terlarut dalam cairan dan menggambarkan hubungan antara tekanan gas terlarut dan konsentrasi dalam larutan.

Termodinamika kimia larutan digunakan untuk memahami keseimbangan dalam larutan, termasuk presipitasi, pelarutan, dan reaksi-reaksi kimia lainnya dalam kondisi larutan.

Termodinamika kimia larutan melibatkan konsep energi Gibbs dan persamaan termodinamika untuk memahami sifat-sifat larutan, reaksi kimia dalam larutan, dan keseimbangan dalam larutan. Ini adalah bidang yang penting dalam kimia fisik dan kimia

industri, membantu kita memahami bagaimana zat-zat berinteraksi dalam fase larutan.

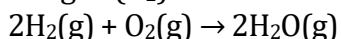
Beberapa contoh perubahan energi Gibbs dalam berbagai situasi:

Pelarutan Garam dalam Air

Sejumlah garam meja (NaCl) padat yang di larutkan dalam air, proses pelarutan ini dapat dijelaskan dengan perubahan energi Gibbs, ΔG dalam kasus ini akan negatif jika garam larut. Ini berarti reaksi pelarutan adalah spontan, dan garam akan terlarut dalam air hingga mencapai titik jenuh ketika $\Delta G = 0$. Namun, jika kita mencoba melarutkan garam meja dalam minyak (yang tidak bercampur dengan garam), ΔG akan positif, yang menunjukkan bahwa reaksi tidak akan terjadi secara spontan.

Pembentukan Air

Reaksi kimia pembentukan air (H_2O) dari hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) adalah contoh lain, reaksinya sebagai berikut:



ΔG negatif dalam hal ini, yang menunjukkan bahwa pembentukan air adalah reaksi yang sangat spontan. Ini sejalan dengan pengamatan kita bahwa hidrogen dan oksigen bereaksi dengan mudah untuk membentuk air.

Pelarutan Gas dalam Cairan

Ketika kita membuka sebotol minuman berkarbonasi (seperti soda), gas karbon dioksida (CO_2) terlarut dalam cairan. Proses ini juga dapat dijelaskan dengan energi Gibbs. Pada suhu dan tekanan tertentu, ΔG akan negatif, menunjukkan bahwa karbon dioksida larut dalam minuman dengan baik.

Perubahan energi Gibbs sangat penting karena memberikan informasi tentang apakah suatu reaksi akan terjadi secara spontan dalam kondisi tertentu atau tidak. Ini membantu kita memahami sifat-sifat reaksi kimia dan bagaimana zat-zat berinteraksi dalam berbagai lingkungan kimia.

2.5 Implikasi hasil studi termodinamika larutan dalam berbagai bidang

Studi termodinamika larutan memiliki implikasi yang luas dalam berbagai bidang ilmu dan industri. Beberapa bidang utama dan implikasi hasil studi termodinamika larutan dalam masing-masing bidang tersebut:

1. Kimia
 - a. Penentuan kelarutan suatu senyawa dalam pelarut tertentu.
 - b. Perhitungan konstanta kesetimbangan (seperti K_{sp}) untuk senyawa padat yang larut dalam larutan.
 - c. Merancang proses ekstraksi, pemurnian, dan kristalisasi senyawa kimia.
2. Farmasi
 - a. Pengembangan formulasi obat dan pengendalian kelarutan obat dalam larutan.
 - b. Pemahaman sifat-sifat larutan obat untuk perancangan obat oral atau injeksi.
 - c. Penentuan aktivitas obat dalam berbagai bentuk sediaan obat.
3. Industri Pangan
 - a. Studi termodinamika membantu dalam pemahaman perilaku bahan-bahan dalam makanan, seperti larutannya dalam air atau minyak.
 - b. Desain proses pengemasan dan penyimpanan makanan untuk mempertahankan kualitas dan keamanan produk.
4. Kimia Lingkungan
 - a. Penentuan tingkat polusi dalam air dan tanah melalui pemahaman termodinamika larutan.
 - b. Studi termodinamika digunakan untuk merancang proses pengolahan air dan limbah.
5. Industri Minyak dan Gas
 - a. Perhitungan kelarutan gas dalam minyak mentah dan pelarut.
 - b. Pengembangan metode ekstraksi minyak dan gas bumi dengan memahami termodinamika larutan dalam reservoir.
6. Industri Energi
 - a. Studi termodinamika larutan digunakan dalam desain pembangkitan tenaga, termasuk pemahaman solusi pelarut dalam sistem pendinginan dan pemanasan.

- b. Penggunaan energi surya dan baterai juga memanfaatkan termodinamika larutan dalam pemahaman transfer panas dan energi dalam fluida.
7. Geokimia:
- a. Pemahaman termodinamika larutan membantu dalam memahami proses-proses geokimia yang terjadi dalam lingkungan geologi, seperti pelarutan mineral dan pembentukan batuan.
8. Industri Elektrokimia
- a. Termodinamika larutan memainkan peran penting dalam pengembangan sel elektrokimia dan baterai.
 - b. Pengembangan proses elektrodposisi logam menggunakan konsep termodinamika larutan.
9. Biologi dan Biokimia:
- a. Pemahaman termodinamika larutan penting dalam studi reaksi biokimia dan transportasi zat dalam tubuh.
 - b. Perancangan proses bioteknologi dan produksi farmasi berbasis mikroorganisme.
10. Ilmu Material:
- a. Pengembangan material baru dan penentuan sifat-sifat material berdasarkan interaksi molekuler dalam larutan.
 - b. Pemahaman termodinamika larutan dalam produksi dan karakterisasi nanomaterial.

Studi termodinamika larutan memberikan dasar yang kuat dalam memahami berbagai fenomena kimia dan fisika yang terjadi dalam berbagai bidang. Implikasinya sangat luas dan berdampak positif pada perkembangan teknologi dan industri, serta pemahaman lebih mendalam tentang sifat materi dalam larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Actinium, N. *et al.* (no date) 'STANDARD ATOMIC MASSES 1979 (Scaled to the relative atomic mass',.
- Cengel, Y.A. and Boles, M.A. 2008. 'Thermodynamics: An Engineering Approach, 5 ed, McGraw-Hill, 2006', *MC Graw Hill*, 7(2), p. 962.
- Chusni, M.M. *et al.* 2018. 'Fenomena Entropi Dilihat Dari Perspektif Sains Dan Al-Qur'an', *SPEKTRA: Jurnal Kajian Pendidikan Sains*, 4(2), p. 105. Available at: <https://doi.org/10.32699/spektra.v4i2.51>.
- Physical Chemistry*. 1961. *Journal of the Franklin Institute*. Available at: [https://doi.org/10.1016/0016-0032\(61\)90576-2](https://doi.org/10.1016/0016-0032(61)90576-2).
- Rahmatillah, N. and Mustain, A. 2023. 'Prediksi Keseimbangan Uap-Cair Sistem Biner Aseton + Amil Alkohol Menggunakan Hukum Raoult', *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 5(2), pp. 63–68. Available at: <https://doi.org/10.33795/distilat.v5i2.29>.
- Suhartono, S. *et al.* 2018. 'Pengukuran konstanta henry toluen dan benzen dalam minyak dan air dengan kolom gelembung', *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 9(2), p. 49. Available at: <https://doi.org/10.5614/jtki.2010.9.2.2>.
- Suyanta. 2013. 'Potensiometri', *Universitas Negeri Yogyakarta Press*, pp. 1–157. Available at: <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132010438/penelitian/buku-potensiometri.pdf>.
- Tungadi, R. 2020. *Teknologi Nano Sediaan Liquida dan Semisolida*.

BAB 3

REAKSI OKSIDASI-REDUKSI DALAM LARUTAN

Oleh Alfiah Alif

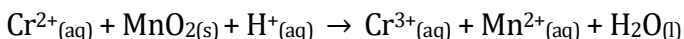
Tujuan dari topik ini adalah mengidentifikasi reaksi oksidasi reduksi di dalam suatu larutan.

Karakteristik penentu reaksi oksidasi-reduksi atau redoks telah dibahas dalam materi redoks pada kimia dasar. Sebagian besar reaksi yang dibahas disana relative sederhana dan menyeimbangkannya sangat mudah. Namun Ketika reaksi oksidasi-reduksi terjadi didalam larutan air, persamaanya lebih kompleks dan dapat lebih sulit untuk diseimbangkan dengan cermat. Persamaan kimia yang seimbang merupakan prasyarat terpenting untuk menyelesaikan masalah stoikiometri. Perlu metode untuk menyeimbangkan reaksi oksidasi-reduksi dalam larutan berair yang dapat diterapkan secara umum. Metode yang dapat digunakan yaitu menggunakan metode oksidasi dan metode setengah reaksi.

3.1 Penyetaraan persamaan redoks menggunakan metode oksidasi

Penyetaraan persamaan redoks menggunakan keadaan oksidasi, perlu dipisahkan secara konseptual reaksi keseluruhan menjadi dua bagian, yaitu oksidasi: dimana atom-atom dari unsur-unsur kehilangan electron, dan reduksi: dimana atom-atom dari satu unsur mendapatkan electron. Sebagai contoh, perhatikan reaksi $\text{Cr}^{2+}_{(\text{aq})}$ dengan mangan dioksida (MnO_2) dengan adanya asam encer. Persamaan 3.1 adalah persamaan ionik sebelum setimbang. Keadaan oksidasi setiap unsur dalam setiap spesies telah ditetapkan dengan menggunakan prosedur yang dijelaskan pada pembelajaran di kimia dasar tentang pengelompokan reaksi kimia.

Persamaan 3.1



Perhatikan bahwa kromium teroksidasi dari tingkat oksidasi +2 ke tingkat oksidasi +3, sedangkan mangan tereduksi dari tingkat oksidasi +4 ke tingkat oksidasi +2. Kita dapat menulis persamaan untuk reaksi ini yang hanya menunjukkan atom-atom yang teroksidasi dan tereduksi pada persamaan dibawah:



Reaksi Oksidasi dapat ditulis menjadi :



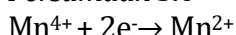
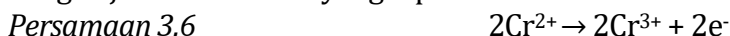
Dan reaksi reduksi dapat ditulis menjadi :



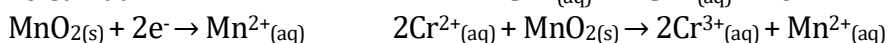
Agar persamaan kimia secara keseluruhan seimbang, jumlah elektron yang hilang oleh reduktor (yang mengalami oksidasi) harus sama dengan jumlah yang diperoleh pada oksidator (yang mengalami reduksi). Oleh karena itu, kita harus mengalikan persamaan oksidasi dan reduksi dengan koefisien yang sesuai untuk memberikan jumlah elektron yang sama pada keduanya. Dalam contoh ini, kita harus mengalikan persamaan oksidasi dengan 2 sehingga menghasilkan persamaan 3.5



Jumlah elektron yang hilang dalam oksidasi sekarang sama dengan jumlah elektron yang diperoleh dalam reduksi:



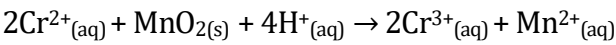
Selanjutnya menghilangkan elektron pada kedua sisi persamaan reaksi oksidasi dan reduksi, sehingga membentuk persamaan kimia dibawah ini



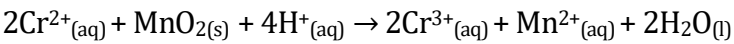
Selanjutnya muatan total di sisi kiri persamaan (+4) tidak sama dengan muatan di sisi kanan (+8). Hal ini karena reaksi dilakukan dengan adanya asam encer, maka reaksi ini dapat menambahkan H^{+} seperlunya pada salah satu sisi persamaan untuk menyeimbangkan muatan. Dengan cara yang sama, jika reaksi dilakukan dengan adanya basa encer, kita dapat menyeimbangkan muatan dengan menambahkan OH^{-} seperlunya ke kedua sisi

persamaan untuk menyeimbangkan muatan. Dalam hal ini, menambahkan empat ion H^+ ke sisi kiri persamaan memberikan hasil seperti dibawah ini :

Persamaan 3.8



Meskipun muatannya sekarang seimbang, reaksi memiliki dua atom oksigen di sisi kiri persamaan dan tidak ada di sisi kanan. Kita dapat menyeimbangkan atom oksigen tanpa memengaruhi keseimbangan muatan secara keseluruhan dengan menambahkan H_2O seperlunya ke kedua sisi persamaan. Di sini, kita perlu menambahkan dua molekul H_2O ke sisi kanan:



Persamaan kimia secara keseluruhan sekarang seimbang, yang tersisa hanyalah memeriksa untuk memastikan bahwa kita tidak melakukan kesalahan. Prosedur untuk menyeimbangkan reaksi dirangkum dalam Tabel 3 .9 dibawah ini.

Tabel 3.1. Prosedur untuk Menyeimbangkan Reaksi Oksidasi-Reduksi dengan Metode Keadaan Oksidasi

1	Tuliskan persamaan kimia tak setimbang untuk reaksi tersebut, dengan menunjukkan reaktan dan produk
2	Tetapkan status oksidasi untuk semua atom dalam reaktan dan produk dan tentukan atom mana yang mengubah status oksidasi
3	Tuliskan persamaan terpisah untuk oksidasi dan reduksi, yang menunjukkan (a) atom yang teroksidasi dan tereduksi, dan (b) jumlah elektron yang diterima atau disumbangkan oleh masing-masing atom.
4	Kalikan persamaan oksidasi dan reduksi dengan koefisien yang sesuai sehingga keduanya mengandung jumlah elektron yang sama.
5	Tuliskan persamaan oksidasi dan reduksi yang menunjukkan bentuk kimia reaktan dan produk yang sebenarnya, sesuaikan koefisien seperlunya untuk memberikan jumlah atom pada langkah 4.

6	Tambahkan kedua persamaan dan hilangkan elektron.
7	Seimbangkan muatan dengan menambahkan ion H^+ atau OH^- seperlunya untuk reaksi dalam larutan asam atau basa.
8	Seimbangkan atom oksigen dengan menambahkan molekul H_2O ke salah satu sisi persamaan.
9	Periksa untuk memastikan bahwa persamaan tersebut seimbang dalam atom dan muatan total

Prosedur untuk menyeimbangkan reaksi oksidasi-reduksi dengan metode keadaan oksidasi dapat diilustrasikan dalam contoh dibawah

Contoh 1.

Asam arsenik (H_3AsO_4) adalah zat yang sangat beracun yang pernah digunakan sebagai pestisida. Reaksi unsur seng dengan asam arsenik dalam larutan asam menghasilkan arsin (AsH_3 , gas yang sangat beracun dan tidak stabil) dan $Zn^{2+}(aq)$. Seimbangkan persamaan untuk reaksi ini dengan menggunakan keadaan oksidasi:
 $H_3AsO_{4(aq)} + Zn_{(s)} \rightarrow AsH_{3(g)} + Zn^{2+}_{(aq)}$

Diketahui : reaktan dan produk dalam larutan asam

Ditanya : persamaan kimia yang seimbang dengan menggunakan bilangan oksidasi

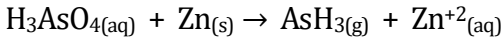
Strategi : Ikuti prosedur yang diberikan pada Tabel 3.1 "Prosedur untuk Menyeimbangkan Reaksi Oksidasi-Reduksi dengan Metode Bilangan Oksidasi" untuk menyeimbangkan persamaan redoks menggunakan bilangan oksidasi. Setelah selesai, pastikan untuk memeriksa apakah persamaan sudah seimbang.

Penyelesaian:

1. Tuliskan persamaan kimia yang menunjukkan reaktan dan produk. Karena kita telah mengetahui informasi ini, kita dapat melewati langkah ini.

2. Tetapkan status oksidasi dan tentukan atom mana yang mengubah status oksidasi.

Bilangan oksidasi arsen dalam asam arsen adalah +6, dan bilangan oksidasi arsen dalam arsin adalah -3. Sebaliknya, bilangan oksidasi seng dalam unsur seng adalah 0, dan bilangan oksidasi seng dalam $Zn^{2+}(aq)$ adalah +2:



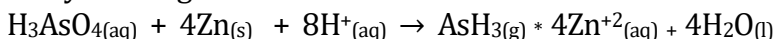
3. Tuliskan persamaan terpisah untuk oksidasi dan reduksi.
 Atom arsenik dalam H_3AsO_4 direduksi dari kondisi oksidasi +5 ke -3, yang membutuhkan penambahan delapan elektron:
 Reduksi : $\text{As}^{+5} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{As}^{-3}$
 Setiap atom seng dalam unsur seng teroksidasi dari 0 hingga +2, yang mengharuskan hilangnya dua elektron per atom seng:
 Oksidasi : $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^-$
4. Kalikan persamaan oksidasi dan reduksi dengan koefisien yang sesuai sehingga keduanya mengandung jumlah elektron yang sama.
 Persamaan reduksi memiliki delapan elektron, dan persamaan oksidasi memiliki dua elektron, jadi kita perlu mengalikan persamaan oksidasi dengan 4 untuk mendapatkan
 Reduksi (x1): $\text{As}^{+5} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{As}^{-3}$
 Oksidasi (x4): $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^-$
5. Tuliskan persamaan oksidasi dan reduksi yang menunjukkan bentuk kimia reaktan dan produk yang sebenarnya, sesuaikan koefisien seperlunya untuk memberikan jumlah atom yang ditunjukkan pada langkah 4.
 Memasukkan bentuk kimia arsenik dan seng yang sebenarnya dan menyesuaikan koefisiennya menghasilkan
 Reduksi : $\text{H}_3\text{AsO}_{4(\text{aq})} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{AsH}_{3(\text{g})}$
 Oksidasi : $4\text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow 4\text{Zn}^{+2}_{(\text{aq})} + 8\text{e}^-$
6. Tambahkan kedua persamaan dan batalkan elektron.
 Jumlah dari kedua persamaan pada langkah 5 adalah
 $\text{H}_3\text{AsO}_{4(\text{aq})} + 4\text{Zn}_{(\text{s})} + 8\text{e}^- \rightarrow \text{AsH}_{3(\text{g})} + 4\text{Zn}^{+2}_{(\text{aq})} + 8\text{e}^-$
 yang kemudian menghasilkan
 $\text{H}_3\text{AsO}_{4(\text{aq})} + 4\text{Zn}_{(\text{s})} \rightarrow \text{AsH}_{3(\text{g})} + 4\text{Zn}^{+2}_{(\text{aq})}$
7. Seimbangkan muatan dengan menambahkan ion H^+ atau OH^- yang diperlukan untuk reaksi dalam larutan asam atau basa.

Karena reaksi dilakukan dalam larutan asam, kita dapat menambahkan ion H^+ ke sisi mana pun dari persamaan yang membutuhkannya untuk menyeimbangkan muatan. Muatan keseluruhan di sisi kiri adalah nol, dan muatan total di sisi kanan adalah $4 \times (+2) = +8$. Menambahkan delapan ion H^+ ke sisi kiri akan memberikan muatan +8 di kedua sisi persamaan:



8. Seimbangkan atom oksigen dengan menambahkan molekul H_2O ke salah satu sisi persamaan. Ada 4 atom O di sisi kiri persamaan.

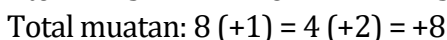
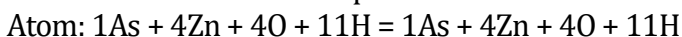
Menambahkan 4 molekul H_2O ke sisi kanan akan menyeimbangkan atom O:



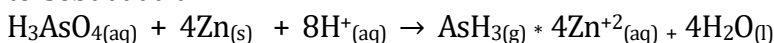
Meskipun kita tidak secara eksplisit menyeimbangkan atom H, setiap sisi persamaan memiliki 11 atom H.

9. Periksa untuk memastikan bahwa persamaan tersebut seimbang dalam hal atom dan muatan total.

Untuk mencegah kesalahan yang ceroboh, penting untuk memeriksa bahwa jumlah total atom dari setiap elemen dan total muatan sama di kedua sisi persamaan:



Oleh karena itu, persamaan kimia yang seimbang untuk reaksi tersebut adalah:



Contoh 2.

Pembersih saluran pembuangan padat komersial, Drano, mengandung campuran natrium hidroksida dan aluminium bubuk. Natrium hidroksida larut dalam air yang tergenang untuk membentuk larutan yang sangat basa, yang mampu melarutkan zat-zat organik secara perlahan, seperti rambut, yang mungkin menyumbat saluran pembuangan. Aluminium larut dalam larutan yang sangat basa untuk menghasilkan gelembung gas hidrogen yang

mengaduk larutan untuk membantu memecah sumbatan. Reaksinya adalah sebagai berikut:



Seimbangkan persamaan ini dengan menggunakan bilangan oksidasi!

Diketahui : reaktan dan produk dalam larutan basa

Diminta : persamaan kimia yang seimbang

Strategi : Ikuti prosedur yang diberikan pada Tabel 4.9 "Prosedur Penyetimbangan Reaksi Oksidasi-reduksi dengan Metode Bilangan Oksidasi" untuk menyetimbangkan reaksi redoks menggunakan bilangan oksidasi. Setelah selesai, pastikan untuk memeriksa apakah persamaan sudah seimbang.

Solusi:

Kita akan menerapkan prosedur yang sama dengan yang digunakan pada Contoh 1 tetapi dalam bentuk yang lebih singkat.

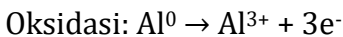
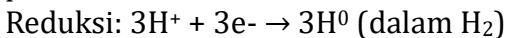
1. Persamaan untuk reaksi sudah diberikan, jadi kita dapat melewati langkah ini.
2. Keadaan oksidasi aluminium berubah dari 0 dalam logam Al menjadi +3 dalam $[\text{Al}(\text{OH})_4]^{-}$. Keadaan oksidasi hidrogen berubah dari +1 dalam H_2O menjadi 0 dalam H_2 . Aluminium teroksidasi, sedangkan hidrogen tereduksi:



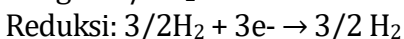
3. Oksidasi : $\text{Al}^0 \rightarrow \text{Al}^{+3} + 3\text{e}^{-}$

Reduksi : $\text{H}^{+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{H}^0$ (dalam H_2)

4. Kalikan persamaan reduksi dengan 3 untuk mendapatkan persamaan dengan jumlah elektron yang sama dengan persamaan oksidasi:



5. Masukkan bentuk kimia reaktan dan produk yang sebenarnya, sesuaikan koefisien seperlunya untuk mendapatkan jumlah atom yang benar seperti pada langkah 4. Karena molekul H_2O mengandung dua proton, dalam hal ini, 3H^{+} setara dengan $3/2\text{H}_2\text{O}$. Demikian pula, setiap molekul gas hidrogen mengandung dua atom H, sehingga 3H sama dengan $3/2\text{H}_2$.

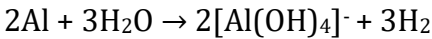


Oksidasi: $\text{Al} \rightarrow [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\text{e}^-$

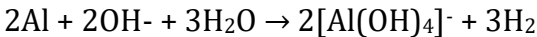
6. Menambahkan persamaan dan menghilangkan elektronnya



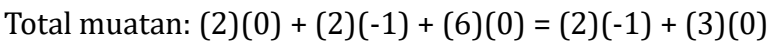
7. Untuk menghilangkan koefisien pecahan, kalikan kedua sisi persamaan dengan 2:



8. Sisi kanan persamaan memiliki muatan total -2, sedangkan sisi kiri memiliki muatan total 0. Karena reaksi dilakukan dalam larutan basa, kita dapat menyeimbangkan muatan dengan menambahkan dua ion OH^- ke sisi kiri:

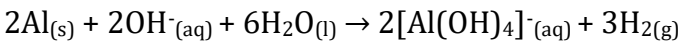


9. Pastikan persamaannya seimbang:



$$-2 = -2$$

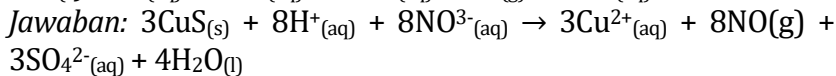
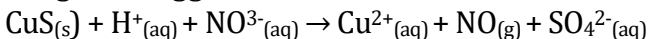
Oleh karena itu, persamaan kimia yang seimbang adalah



Dengan demikian, 3 mol gas H_2 diproduksi untuk setiap 2 mol Al .

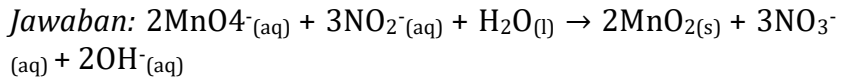
Latihan

1. Tembaga umumnya terjadi sebagai mineral sulfida CuS . Langkah pertama dalam mengekstraksi tembaga dari CuS adalah melarutkan mineral dalam asam nitrat, yang mengoksidasi sulfida menjadi sulfat dan mereduksi asam nitrat menjadi NO . Seimbangkan persamaan untuk reaksi ini dengan menggunakan keadaan oksidasi:



2. Ion permanganat bereaksi dengan ion nitrit dalam larutan basa untuk menghasilkan mangan (IV) oksida dan ion nitrat.

Tuliskan persamaan kimia yang seimbang untuk reaksi tersebut.



Seperti yang ditunjukkan pada Contoh 1 dan Contoh 2 berbagai macam reaksi redoks dapat terjadi dalam larutan air. Identitas produk yang diperoleh dari serangkaian reaktan yang diberikan sering kali bergantung pada rasio oksidan dan reduktor dan apakah reaksi dilakukan dalam larutan asam atau basa, yang merupakan salah satu alasan mengapa sulit untuk memprediksi hasil reaksi. Karena reaksi oksidasi-reduksi dalam larutan sangat umum dan sangat penting, ahli kimia telah mengembangkan dua pedoman umum untuk memprediksi apakah reaksi redoks akan terjadi dan identitas produk:

1. Senyawa unsur dalam kondisi oksidasi tinggi (seperti ClO_4^- , NO_3^- , MnO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) cenderung bertindak sebagai oksidan dan tereduksi dalam reaksi kimia.
2. Senyawa unsur dalam kondisi oksidasi rendah (seperti CH_4 , NH_3 , H_2S , dan HI) cenderung bertindak sebagai reduktor dan teroksidasi dalam reaksi kimia.

Perhatikan Polanya

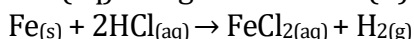
Reaksi oksidasi-reduksi diseimbangkan dengan memisahkan persamaan kimia secara keseluruhan menjadi persamaan oksidasi dan persamaan reduksi.

Spesies dalam kondisi oksidasi tinggi bertindak sebagai oksidan, sedangkan spesies dalam kondisi oksidasi rendah bertindak sebagai reduktor

Ketika larutan berair dari suatu senyawa yang mengandung unsur dalam kondisi oksidasi tinggi dicampur dengan larutan berair dari suatu senyawa yang mengandung unsur dalam kondisi oksidasi rendah, reaksi reduksi oksidasi kemungkinan besar akan terjadi.

3.2 Reaksi Redoks Logam Padat dalam Larutan Air

Reaksi reduksi oksidasi yang banyak dijumpai adalah reaksi larutan asam atau garam logam dengan logam padat. Contohnya adalah korosi pada benda logam, seperti berkaratnya mobil (Gambar "Pembentukan Karat"). Karat terbentuk dari reaksi oksidasi-reduksi kompleks yang melibatkan larutan asam encer yang mengandung ion Cl^- (secara efektif, HCl encer), logam besi, dan oksigen. Ketika sebuah benda berkarat, logam besi bereaksi dengan HCl (aq) menghasilkan besi (II) klorida dan gas hidrogen:



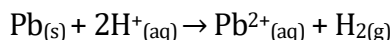
Pada langkah selanjutnya, FeCl_2 mengalami oksidasi untuk membentuk endapan coklat kemerahan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Banyak logam yang larut melalui reaksi jenis ini, yang memiliki bentuk umum logam + asam $\rightarrow$ garam + hydrogen



Gambar 3.1. Proses korosi melibatkan reaksi oksidasi-reduksi di mana besi logam diubah menjadi $\text{Fe}(\text{OH})_3$, padatan berwarna coklat kemerahan.

Beberapa reaksi ini memiliki konsekuensi yang penting. penggunaan timbal yang meluas pada peralatan memasak dan pipa

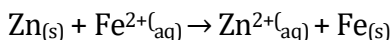
yang mengalirkan air. Air hujan, seperti yang telah kita lihat, bersifat sedikit asam, dan makanan seperti buah-buahan, anggur, dan cuka mengandung asam organik. Dengan adanya asam-asam ini, timbal akan larut:



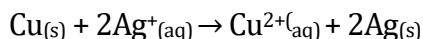
Akibatnya, ada spekulasi bahwa air dan makanan yang dikonsumsi mengandung kadar timbal yang beracun, yang mengakibatkan keracunan timbal yang meluas.

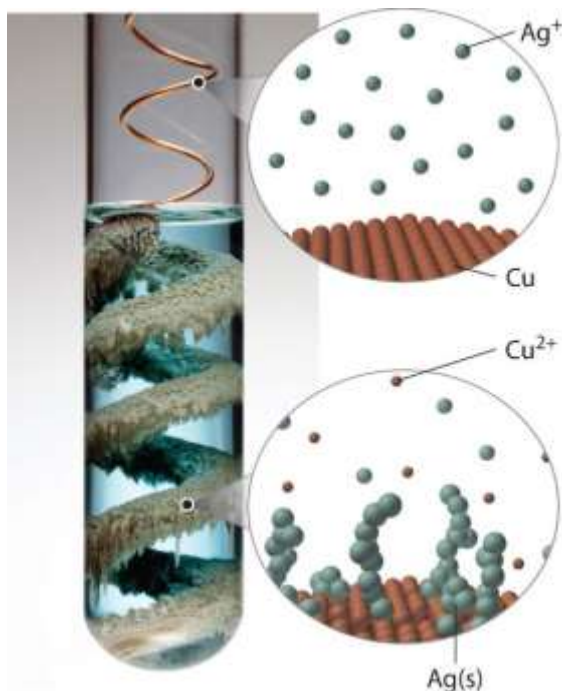
3.3 Reaksi Perpindahan Tunggal

Logam tertentu dioksidasi oleh asam encer, sedangkan logam lainnya dioksidasi oleh larutan encer berbagai garam logam. Kedua jenis reaksi ini disebut reaksi perpindahan tunggal, di mana ion dalam larutan dipindahkan melalui oksidasi logam. Dua contoh reaksi perpindahan tunggal adalah reduksi garam besi oleh seng dan reduksi garam perak oleh tembaga, ditunjukkan pada persamaan dibawah ini :



Reaksi pada diatas secara luas digunakan untuk mencegah (atau setidaknya menunda) korosi pada benda-benda besi atau baja, seperti paku dan lembaran logam. Proses "galvanisasi" terdiri dari pemberian lapisan tipis seng pada besi atau baja, sehingga melindunginya dari oksidasi selama seng masih menempel pada benda tersebut.



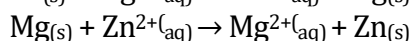
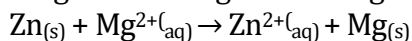


Gambar 3.2. Reaksi Perpindahan Tunggal Tembaga Logam dengan Larutan Perak Nitrat

Apabila kumparan tembaga ditempatkan dalam larutan perak nitrat, ion perak direduksi menjadi perak metalik pada permukaan tembaga, dan sebagian logam tembaga larut. Perhatikan pembentukan endapan perak metalik pada kumparan tembaga dan warna biru pada larutan di sekelilingnya akibat kehadiran ion Cu^{2+} berair. (Molekul air dan ion nitrat sudah dihilangkan dari tampilan molekuler larutan untuk memperjelasnya).

Dengan mengamati apa yang terjadi ketika sampel berbagai logam ditempatkan dalam kontak dengan larutan logam lain, para ahli kimia telah menyusun logam-logam tersebut sesuai dengan kemudahan atau kesulitan relatif yang dapat dioksidasi dalam reaksi perpindahan tunggal. Sebagai contoh, kita lihat pada kedua persamaan diatas bahwa logam seng bereaksi dengan garam besi, dan logam tembaga bereaksi dengan garam perak. Secara eksperimental, ditemukan bahwa seng bereaksi dengan garam tembaga dan garam perak, menghasilkan Zn^{2+} . Oleh karena itu,

seng memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk teroksidasi dibandingkan dengan besi, tembaga, atau perak. Meskipun seng tidak akan bereaksi dengan garam magnesium untuk menghasilkan logam magnesium, logam magnesium akan bereaksi dengan garam seng untuk menghasilkan logam seng:



Magnesium memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk teroksidasi daripada seng.

Reaksi berpasangan semacam ini merupakan dasar dari deret aktivitas (Gambar 3.3 "Deret Aktivitas Logam"), yang mencantumkan logam dan hidrogen berdasarkan urutan kecenderungan relatifnya untuk teroksidasi. Logam-logam di bagian atas deret, yang memiliki kecenderungan terbesar untuk kehilangan elektron, adalah logam-logam alkali (golongan 1), logam alkali tanah (golongan 2), dan Al (golongan 13). Sebaliknya, logam di bagian bawah seri, yang memiliki kecenderungan paling rendah untuk teroksidasi, adalah logam mulia atau logam uang logam-platinum, emas, perak, dan tembaga, serta merkuri, yang terletak di bagian kanan bawah logam dalam tabel periodik. Kita seharusnya secara umum mengenal jenis logam mana yang merupakan logam aktif (terletak di bagian atas deret) dan mana yang merupakan logam lembam (di bagian bawah deret).

	Element	Oxidation Reaction	
	Lithium	$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$	↑ Increasing ease of oxidation
	Potassium	$\text{K} \rightarrow \text{K}^+ + \text{e}^-$	
	Barium	$\text{Ba} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Calcium	$\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Sodium	$\text{Na} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$	
	Magnesium	$\text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Aluminum	$\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$	
	Manganese	$\text{Mn} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Zinc	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Chromium	$\text{Cr} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{e}^-$	
	Iron	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Cadmium	$\text{Cd} \rightarrow \text{Cd}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Cobalt	$\text{Co} \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Nickel	$\text{Ni} \rightarrow \text{Ni}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Tin	$\text{Sn} \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Lead	$\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Hydrogen	$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$	
	Copper	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Silver	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$	
	Mercury	$\text{Hg} \rightarrow \text{Hg}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Platinum	$\text{Pt} \rightarrow \text{Pt}^{2+} + 2\text{e}^-$	
	Gold	$\text{Au} \rightarrow \text{Au}^+ + \text{e}^-$	

React vigorously with cold H_2O to form H_2

React with steam to form H_2

React with simple acids to form H_2

Will not dissolve in simple acids

Gambar 3.3. Deret Aktivitas Logam

Ketika menggunakan deret aktivitas logam untuk memprediksi hasil reaksi, perlu diingat bahwa setiap unsur akan mereduksi senyawa unsur di bawahnya dalam deret tersebut. Karena magnesium berada di atas seng pada Gambar "Deret Aktivitas Logam", logam magnesium akan mereduksi garam seng tetapi tidak sebaliknya. Demikian pula, logam mulia berada di bagian bawah rangkaian aktivitas, sehingga hampir semua logam lain akan mereduksi garam logam mulia menjadi logam mulia murni. Hidrogen termasuk dalam seri ini, dan kecenderungan logam untuk bereaksi dengan asam ditunjukkan oleh posisinya relatif terhadap hidrogen dalam seri aktivitas. Hanya logam-logam yang berada di atas hidrogen dalam deret aktivitas yang larut dalam asam untuk menghasilkan H_2 . Karena logam mulia berada di bawah hidrogen, logam mulia tidak larut dalam asam encer dan oleh karena itu tidak mudah terkorosi. Deret akhitivitas logam akan

dibahas lebih rinci dalam pembahasan reaksi oksidasi reduksi elektrokimia.

3.4 Ringkasan

Dalam reaksi oksidasi-reduksi, elektron dipindahkan dari satu zat atau atom ke zat atau atom lainnya. Kita dapat menyeimbangkan reaksi oksidasi-reduksi dalam larutan dengan menggunakan metode keadaan oksidasi (Tabel 4.9 "Prosedur Penyeimbangan Reaksi Oksidasi-Reduksi dengan Metode Keadaan Oksidasi"), di mana keseluruhan reaksi dipisahkan menjadi persamaan oksidasi dan persamaan reduksi. Reaksi perpindahan tunggal adalah reaksi logam dengan asam atau garam logam lain yang menghasilkan pelarutan logam pertama dan pengendapan logam kedua (atau evolusi gas hidrogen). Hasil dari reaksi-reaksi ini dapat diprediksi dengan menggunakan deret aktivitas (Gambar "Deret Aktivitas Logam"), yang menyusun logam dan H_2 dalam urutan yang semakin menurun dari kecenderungannya untuk teroksidasi. Setiap logam akan mereduksi ion-ion logam di bawahnya dalam deret aktivitas. Logam aktif berada di bagian atas deret aktivitas, sedangkan logam inert berada di bagian bawah deret aktivitas.

DAFTAR PUSTAKA

Patricia Eldredge, R.H. 2011. General Chemistry: Principles, Patterns, and Applications. Saylor Foundation

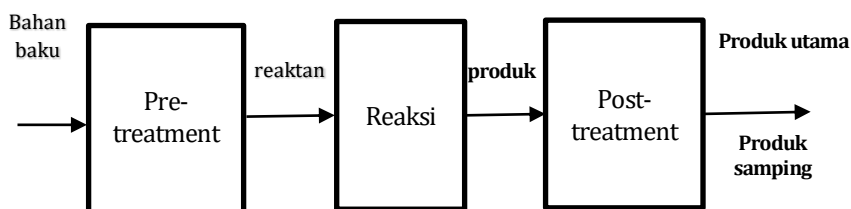
BAB 4

KINETIKA REAKSI DALAM LARUTAN

Oleh Achmad Qodim Syafaatullah

4.1 Pendahuluan

Dalam industri proses kimia, diperlukan kajian perancangan untuk menghasilkan produk secara ekonomis dari berbagai macam material bahan dengan perlakuan secara fisika dan kimia. Dalam gambar 6.1 menunjukkan gambaran kondisi proses kimia yang terjadi. Bahan material yang masuk dilakukan *pre-treatment* sebelum dilakukan proses reaksi kimia. Kemudian, melewati proses reaksi dan menghasilkan produk. Produk yang dihasilkan dilakukan *post-treatment* untuk memurnikan produk akhir yang diinginkan. Proses reaksi kimia merupakan tahapan penting yang diperlukan untuk menghasilkan produk secara ekonomis. Dalam proses reaksi kimia, diperlukan informasi, pengetahuan dan pengalaman. Salah satu sub bab yang perlu dikaji dalam mengetahui proses kimia adalah kinetika kimia. Kinetika adalah ilmu yang mempelajari dan membahas tentang laju proses reaksi beserta mekanisme reaksi yang terjadi. Laju reaksi merupakan jumlah reaktan yang berubah atau dikonversi menjadi produk pada suatu waktu tertentu dengan kondisi keadaan suhu dan tekanan tertentu. Mekanisme reaksi adalah serangkaian proses reaksi yang terjadi berurutan selama proses perubahan reaktan menjadi produk (Smith & H.C., 2005) (Leung, Caramanna, & Maroto-Valer, 2014).



4.2 Proses Flow Diagram sederhana proses reaksi kimia

Perubahan kimia atau reaksi kimia dipengaruhi oleh waktu. Di sekitar kita, terdapat reaksi-reaksi kimia yang berlangsung cepat seperti reaksi pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen, tetapi adapula reaksi yang berjalan lambat seperti proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah yang membutuhkan waktu dalam produk yang dihasilkan. Setiap proses reaksi kimia berlangsung dengan laju reaksi tertentu dan terjadi pada kondisi tertentu juga. Laju reaksi diartikan sebagai laju pengurangan reaktan atau konversi dari reaktan ke produk tiap satuan waktu. Apabila ditinjau dari produk yang dihasilkan, maka laju reaksi dapat diartikan sebagai laju pembentukan produk yang dihasilkan tiap satuan waktu (Compton & Blandamer, 2009).

Faktor yang mempengaruhi laju proses reaksi kimia ada beberapa hal, diantaranya adalah konsentrasi pereaksi, temperature reaksi, ada tidaknya katalis dalam reaksi kimia, dan sebagainya. Faktor-faktor ini sangat mempengaruhi laju reaksi proses kimia yang terjadi. Faktor ini diperhatikan agar diketahui dan dapat dikontrol sehingga proses reaksi yang terjadi dapat ditingkatkan menjadi ekonomis (Chen & Li, 2016).

4.3 Laju Reaksi

Pada awal reaksi $A \rightarrow B$, zat A adalah satu-satunya zat yang ada, sementara zat B belum terbentuk. Konsentrasi zat B kemudian meningkat sementara konsentrasi zat A menurun, sampai akhirnya reaksi mencapai keadaan setimbang (Zhang & Li, 2017). Laju pengurangan zat A secara kuantitatif dapat digambarkan sebagai:

$$-r_a = \frac{dC_a}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Laju laju reaksi yang diamati sebanding dengan konsentrasi reaktan dan tetapan laju k, yang keduanya bergantung pada suhu. Hal ini sesuai dengan Hukum laju reaksi yang dapat dinyatakan sebagai berikut::

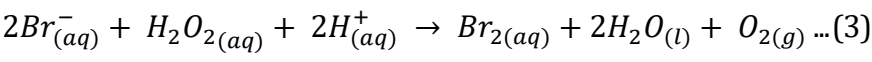
A → produk

Hukum laju reaksi yang melibatkan lebih dari satu pereaksi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_a \dots\dots\dots(2)$$

sehingga hukum laju adalah fungsi dari semua pereaksi yang menentukan kecepatan reaksi.

Faktanya, ada reaksi-reaksi yang hukum lajunya tidak sesuai dengan persamaan stoikiometri atau tidak bergantung pada persamaan stoikiometri; oleh karena itu, penentuan hukum lajunya melalui eksperimen lebih tepat. Seperti contoh reaksi berikut:

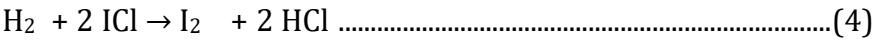


4.4 Orde Reaksi

Orde suatu reaksi adalah bilangan yang menunjukkan jumlah pangkat konsentrasi pereaksi yang menentukan laju reaksi: A → produk dengan hukum laju $-r_a = k [A]$, maka orde reaksinya adalah 1, karena pangkat [A] adalah satu. Atau untuk reaksi :

Jika $A + 2 B \rightarrow$ produk dengan hukum laju $-r_a = k [A] [B]^2$ maka orde reaksi totalnya adalah 3 yang berasal dari pangkat [A] = 1 + pangkat [B] = 2. Sedangkan orde reaksi terhadap konsentrasi A adalah 1 dan orde reaksi terhadap komponen B adalah 2.

Orde reaksi terhadap komponen tidak selalu sama dengan koefisien persamaan stoikiometri. Misalnya, reaksi berikut ini:



secara eksperimen diamati mempunyai hukum laju $-r_a = k [H_2][ICl]$ maka orde reaksi = 2, padahal secara stoikiometri orde reaksinya adalah 3. Oleh karena itu, data eksperimen digunakan untuk menentukan orde reaksi yang paling tepat untuk reaksi tertentu. Beberapa reaksi, seperti fotosintesis dan

reaksi permukaan, tidak bergantung pada konsentrasi pereaksi. Penguraian amoniak pada permukaan katalis wolfram adalah contoh reaksi berorde nol (Jones & Patel, 2019).

Contoh lain reaksi yang terjadi adalah Asam karboksilat dan alkohol dalam membentuk senyawa ester seperti biodiesel. Proses esterifikasi ini mengubah asam karboksilat pada minyak jelantah dan mengkonversinya menjadi biodiesel. Pengamatan eksperimen pada reaksi asam karboksilat dan alkohol dilakukan untuk menunjukkan mekanisme reaksi yang mungkin terjadi. Dalam mekanisme reaksi yang terjadi, konstanta laju reaksi menjadi penentu reaksi akan berjalan lambat atau cepat (Gita, Haryanto, Saputra, & Telaumbanua, 2018).

4.4.1 Orde ke-0

Contoh reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Keterangan:

A = reaktan

C = produk

Jika reaksi yang terjadi pada orde 0 seperti di atas pada persamaan (5), maka Hukum laju reaksi dapat dinyatakan dalam persamaan (6) sebagai berikut:

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_a^n \text{ (6)}$$

Pada persamaan (4) C_a dinyatakan sebagai konsentrasi reaktan A. Pada orde 0, nilai n yang dimasukkan adalah 0, maka didapatkan persamaan (5) yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a^0 \text{ (7)}$$

Dikarenakan semua bilangan yang dipangkatkan 0 sama dengan 1, dan pada persamaan (7) dilakukan integrasi, sehingga persamaan berubah menjadi persamaan (8). Hasil integrasi dapat dinyatakan menjadi persamaan (9) dengan kondisi batas yakni pada saat $t = 0$ dimasukkan nilai $C_a = C_{a0}$ dan pada saat $t = t$ dimasukkan nilai $C_a = C_a$ seperti berikut:

$$-\int dC_a = \int k dt \dots\dots\dots (8)$$

$$C_{a0} - C_a = kt \dots\dots\dots (9)$$

$$C_a = C_{a0} - kt \dots\dots\dots (10)$$

Pada persamaan (10) sesuai dengan persamaan garis yakni $y = mx + C$, dimana m adalah nilai kemiringan garis atau gradien dan C adalah nilai intercept atau perpotongan dengan sumbu y . Nilai C_a dapat dinyatakan menjadi nilai sumbu y pada persamaan garis dan nilai t juga dinyatakan menjadi nilai sumbu x . Nilai m hasil regresi menunjukkan nilai k atau konstanta laju reaksi yang terjadi (Levenspiel, 1999).

4.4.2 Orde ke-1

Contoh reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Keterangan:

A = reaktan

C = produk

Apabila reaksi yang terjadi pada orde 1 sama seperti pada orde 0 yang ditunjukkan pada persamaan (5), maka Hukum laju reaksi dapat dinyatakan dalam persamaan (6):

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_a^n \dots\dots\dots (6)$$

Untuk orde 1, nilai n yang dimasukkan adalah 1 dan nilai C_a adalah konsentrasi reaktan A, maka persamaan berubah menjadi persamaan (11):

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a \dots\dots\dots (11)$$

Kemudian dilakukan integrasi persamaan (11) menjadi persamaan (12) dan (13):

$$-\int_{C_{a0}}^{C_a} \frac{dC_a}{C_a} = \int k dt \dots\dots\dots (12)$$

$$(\ln C_a)_{C_{a0}}^{C_a} = -kt \dots\dots\dots (13)$$

Pada persamaan (13) dimasukkan kondisi batas dengan $C_a = C_{a0}$ pada $t = 0$ dan $C_a = C_a$ pada $t = t$, sehingga persamaan berubah menjadi persamaan (14) dan (15):

$$\ln C_a - \ln C_{a0} = -kt \dots\dots\dots (14)$$

$$\ln C_a = -kt + \ln C_{a0} \dots\dots\dots (15)$$

Pada persamaan (15) sesuai dengan persamaan garis yakni $y = mx + C$, dimana m adalah nilai kemiringan garis atau gradien dan C adalah nilai intercept atau perpotongan dengan sumbu y. Untuk mendapat persamaan garis tersebut, nilai pada sumbu y yang dimasukkan adalah nilai $\ln C_a$ dan pada sumbu x yang dimasukkan adalah nilai t (Ifa, Sumarno, Susianto, & Mahfud, 2012).

4.4.3 Orde ke-2

Pada Orde 2, terdapat beberapa tipe reaksi yang terjadi, salah satunya adalah sebagai berikut:



Keterangan:

A = reaktan

C = produk

Pada reaksi yang terjadi pada orde 2 yang ditunjukkan pada persamaan (16), maka Hukum laju reaksi dapat dinyatakan dalam persamaan (6) dengan nilai n yang dimasukkan adalah 2:

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_a^n \dots\dots\dots (6)$$

$$-\frac{dC_a}{dt} = kC_a^2 \dots\dots\dots (17)$$

Integrasi dilakukan pada persamaan (17) menjadi persamaan (18) dan hasil integrasi yang didapatkan dinyatakan pada persamaan (19), dilanjutkan memasukkan nilai kondisi batas yakni nilai $C_a = C_{a0}$ pada saat $t=0$ dan $C_a = C_a$ pada saat $t = t$ sehingga persamaan dapat dinyatakan menjadi persamaan (20):

$$-\int_{C_{a0}}^{C_a} \frac{dC_a}{C_a^2} = \int k dt \dots\dots\dots (18)$$

$$-\left(\frac{1}{C_a}\right)_{C_{a0}}^{C_a} = -kt \dots\dots\dots (19)$$

$$\frac{1}{C_a} - \frac{1}{C_{a0}} = kt \dots\dots\dots (20)$$

$$\frac{1}{C_a} = kt + \frac{1}{C_{a0}} \dots\dots\dots (21)$$

Pada persamaan (21), nilai $\frac{1}{C_a}$ dinyatakan menjadi nilai pada sumbu y dan nilai t dinyatakan menjadi nilai sumbu x sehingga didapatkan persamaan linier $y = mx + C$, dimana m adalah nilai kemiringan garis atau gradien dan C adalah nilai intercept atau perpotongan dengan sumbu y.

Tipe reaksi orde 2 yang lain adalah sebagai berikut:



Keterangan:

A = reaktan A

B = reaktan B

C = produk

Jika reaksi orde 2 yang terjadi seperti yang ditunjukkan pada persamaan (22), maka hukum laju reaksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$-r_a = -\frac{dC_a}{dt} = kC_aC_b \text{(23)}$$

Pada persamaan (23), C_a dinyatakan sebagai konsentrasi reaktan A, dan C_b dinyatakan sebagai konsentrasi reaktan B. Nilai C_a dan C_b dapat dijabarkan menjadi persamaan (24) dan (25):

$$C_a = C_{a0} - C_{a0}X_a \text{(24)}$$

$$C_b = C_{b0} - C_{a0}X_a \text{(25)}$$

Pada persamaan (25), dilakukan differensiasi menjadi persamaan (26) yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan (23), sehingga persamaannya berubah bentuk menjadi persamaan (24), seperti berikut:

$$dC_a = C_{a0}(-dX_a) \text{(26)}$$

$$C_{a0}\left(\frac{dX_a}{dt}\right) = k(C_{a0} - C_{a0}X_a)(C_{b0} - C_{a0}X_a) \text{(27)}$$

$$C_{a0}(dX_a) = kC_{a0}^2(1 - X_a)\left(\frac{C_{b0}}{C_{a0}} - X_a\right)dt \text{(28)}$$

$$M = \frac{C_{b0}}{C_{a0}} \text{(29)}$$

Pada persamaan (29) dimasukkan ke dalam persamaan (28) sehingga menjadi persamaan (30) :

$$\int_{X_a=0}^{X_a=X_a} \frac{1}{(1-X_a)(M-X_a)} (dX_a) = \int kC_{a0}dt \text{(30)}$$

Persamaan (30) diubah bentuknya menjadi persamaan (31) dan (32) dan dilakukan integrasi sehingga menjadi persamaan (32) dan dapat dilihat hasil integrasinya pada persamaan (33):

$$\int_{X_a=0}^{X_a=X_a} \frac{M-1}{(1-X_a)(M-X_a)} (dX_a) = \int kC_{a0}(M-1)dt(31)$$

$$\int_{X_a=0}^{X_a=X_a} (\frac{1}{1-X_a} - \frac{1}{M-X_a})(dX_a) = \int kC_{a0}(M-1)dt.....(32)$$

$$(-\ln(1-X_a) + \ln(M-X_a))_0^{X_a} = kC_{a0}(\frac{C_{b0}}{C_{a0}} - 1)t(33)$$

Hasil integrasi persamaan (33) diubah bentuk menjadi persamaan (34) dan (35):

$$\ln \frac{(M-X_a)}{(1-X_a)} - \ln \frac{(M-0)}{(1-0)} = k(C_{b0} - C_{a0})t(34)$$

$$\ln \frac{(M-X_a)}{M(1-X_a)} = k(C_{b0} - C_{a0})t(35)$$

)

Untuk persamaan (35), nilai sumbu y dimasukkan dari nilai $\ln \frac{(M-X_a)}{M(1-X_a)}$ dan nilai sumbu x dimasukkan dari nilai t. Nilai $M \neq 1$ agar persamaan dapat disesuaikan dengan persamaan garis linier $y = mx$, dimana m adalah nilai kemiringan garis atau gradien. Nilai m yang didapat sama dengan nilai $k(C_{b0} - C_{a0})$ (Levenspiel, 1999).

4.5 Mekanisme Reaksi

Pada orde ke-0, reaksi yang berlangsung tidak dipengaruhi oleh suhu, tekanan, ataupun yang lain. Pada orde 0, mekanisme reaksi yang terjadi adalah konsentrasi reaktan akan terus menerus berkurang secara linier dan laju reaksi yang terjadi adalah konstan (Brown & Johnson, 2020).

Pada orde ke-1, reaksi yang berlangsung hanya dipengaruhi oleh satu faktor. Faktor yang mempengaruhi dapat berupa suhu, tekanan atau yang lain. Laju reaksi mengalami perubahan secara linier dengan konsentrasi reaktan. Pada orde 1, mekanisme reaksi yang terjadi ada 3 fase, yakni penurunan

konsentrasi tahap awal, tahap *intermediate*, dan tahap akhir. Pada tahap awal, terjadi reaksi cepat sehingga penurunan konsentrasi reaktan sangat tajam. Pada tahap tengah, masih terjadi reaksi tetapi berjalan lambat sehingga grafik penurunan konsentrasi reaktan terjadi secara landai. Di tahap akhir, konsentrasi reaktan yang terjadi sudah dalam keadaan setimbang, sehingga tidak terjadi reaksi atau dapat dikatakan tidak terjadi penurunan konsentrasi reaktan (Kumar & Patel, 2018).

Pada orde ke-2, reaksi yang berlangsung hanya dipengaruhi oleh lebih satu faktor. Faktor yang mempengaruhi reaksi orde 2 antara lain suhu dan tekanan, suhu dengan konsentrasi reaktan, dan sebagainya. Laju reaksi sebanding dengan kuadrat konsentrasi reaktannya atau perkalian dari reaktan-reaktan pembentuk produknya. Untuk orde 2, mekanisme reaksi yang terjadi adalah reaksi yang terjadi sangat cepat untuk mencapai kesetimbangan. Sehingga penurunan konsentrasi reaktan terjadi sangat tajam dan dengan cepat mencapai kesetimbangan (Rasyid, Malik, Kusuma, Roesyadi, & Mahfud, 2018).

4.6 Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah energi minimum yang dibutuhkan untuk melakukan proses reaksi dalam kimia. Reaksi kimia yang terjadi bisa dalam bentuk larutan-larutan, padat larutan, dan sebagainya. Dalam penentuan energi aktivasi dalam suatu reaksi dapat ditentukan dari hukum Arrhenius (Herliati, 2017), yakni:

$$k = k_0 e^{-\frac{E}{RT}} \dots\dots\dots (36)$$

Dimana *k* adalah konstanta laju reaksi dan *k₀* adalah faktor frekuensi atau pre-exponensial. Energi aktivasi dinyatakan dalam bentuk *E*, dan suhu dinyatakan dalam *T* (Kelvin). Nilai *R* adalah nilai konstanta gas ideal. Pada persamaan (36) diubah bentuknya menjadi persamaan (37) seperti berikut:

$$\frac{k}{k_0} = e^{-\frac{E}{RT}} \dots\dots\dots (37)$$

Kemudian persamaan (37) diubah bentuknya menjadi persamaan (38), (39) dan (40):

$$\ln \frac{k}{k_0} = \ln e^{-\frac{E}{RT}} \dots\dots\dots (38)$$

$$\ln k - \ln k_0 = \frac{-E}{RT} \dots\dots\dots (39)$$

$$\ln k = -\frac{E}{RT} + \ln k_0 \dots\dots\dots (40)$$

Nilai sumbu y pada Persamaan (40) yang dimasukkan adalah nilai $\ln k$ dan nilai sumbu x yang dimasukkan adalah nilai $\frac{1}{T}$. Persamaan (40) yang didapat sesuai dengan persamaan garis $y = mx + C$, dimana m adalah nilai kemiringan garis atau gradien dan C adalah nilai intercept atau perpotongan dengan sumbu y. Nilai energi aktivasi (E) didapat dari nilai *slope* atau kemiringan dalam persamaan garis dengan satuan dalam bentuk Joule/mol dan nilai faktor frekuensi (k_0) dari interceptnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S., & Johnson, L. 2020. *Applications of Zero-Order Reactions in Catalysis*. 145-156.
- Chen, C., & Li, D. 2016. Kinetics and Thermodynamics in Chemical Reactions. *Chemical Reviews*, 9869-9912.
- Compton, R., & Blandamer, M. 2009. *Chemical Kinetics: Fundamentals and New Developments*. Royal Society of Chemistry.
- Gita, A. C., Haryanto, A., Saputra, T. W., & Telaumbanua, M. 2018. Penentuan Nilai Parameter Kinetika Orde Satu pada Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah . *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 72-79.
- Herliati. 2017. Kajian Kinetika Pembuatan Epiklorohidrin . *Konversi*, 13-18.
- Ifa, L., Sumarno, Susianto, & Mahfud. 2012. Model Kinetika Reaksi Pembentukan Polyol berbasis Minyak Sawit. *Reaktor*, 1-8.
- Jones, R., & Patel, S. 2019. Determining Reaction Orders Experimentally. *Journal of Chemical Education*, 504-511.
- Kumar, A., & Patel, B. (2018) Understanding First-Order Kinetics in Chemical Reactions. *Chemical Reviews*, 6595-6651.
- Leung, D., Caramanna, G., & Maroto-Valer, M. 2014. *An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Levenspiel, O. 1999. *Chemical Reaction Engineering*. Wiley.
- Rasyid, R., Malik, R., Kusuma, H. S., Roesyadi, A., & Mahfud, M. 2018. Triglycerides Hydrocracking Reaction of Nyamplung Oil with Non-sulfided CoMo/ γ -Al₂O₃ Catalysts. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 196-203.
- Smith, J. V., & H.C., A. M. 2005. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. Wiley.
- Zhang, L., & Li, Q. 2017. Understanding Chemical Equilibrium in Reactions. *Journal of Chemical Education*, 652-660.

BAB 5

EKSTRAKSI DAN PEMISAHAN SENYAWA DALAM LARUTAN

Oleh Herlina Rahim

5.1 Pendahuluan

Ekstraksi merupakan teknik umum yang digunakan dalam kimia organik untuk mengisolasi senyawa. Dalam proses ekstraksi, zat terlarut dipindahkan dari satu fase ke fase lain untuk memisahkannya dari bahan awal atau kotoran yang tidak bereaksi. Ekstraksi juga digunakan untuk mengisolasi zat terlarut dari pelarut reaksi yang sulit dihilangkan dengan penguapan, seperti pelarut dengan titik didih tinggi. Secara umum, ada tiga jenis ekstraksi. Pertama, dalam ekstraksi padat-cair, zat terlarut dipindahkan dari fase padat ke fase cair. Kedua, ekstraksi cair-cair, zat terlarut dipindahkan dari satu cairan ke cairan lainnya. Pada ekstraksi cair-cair ada ekstraksi asam-basa, zat terlarut diubah menjadi senyawa ionik dan ditransfer dari fase organik ke fase larutan. Contoh umum ekstraksi adalah menyeduh kopi atau teh. Fase padat, yang mengandung kafein, rasa, dan bau, diekstraksi oleh air panas ke dalam fase cair.

Pada proses ekstraksi, zat terlarut diekstraksi dari pelarutnya. Pada ekstraksi cair, dua fase cair yang tidak bercampur (non-pencampuran) digunakan. Zat organik (yaitu, senyawa berbasis karbon) yang dilarutkan dalam fase cair bergerak ke fase organik dari zat yang diekstraksi, atau sebaliknya – zat bergerak dari fase organik ke fase cair, dari zat yang diekstraksi.

Ekstraksi adalah langkah penting dalam sebagian besar analisis kimia. Hal ini memerlukan penghilangan analit dari komponen sampelnya dan dilanjutkan prosesnya menuju fase yang diperlukan untuk identifikasi dan kuantifikasi dengan metode spektroskopi atau kromatografi. Jika sampel berbentuk

padat dan fase yang diperlukan untuk analisis adalah cairan, prosesnya disebut ekstraksi padat-cair. Bentuk ekstraksi padat-cair yang sederhana dan dapat diterapkan secara luas memerlukan penggabungan padatan dengan pelarut yang analitnya dapat larut. Melalui pengadukan, analit terpecah menjadi fase cair, yang kemudian dapat dipisahkan dari padatannya. Pilihan pelarut harus dibuat berdasarkan kelarutan analit target, dan keseimbangan biaya, keamanan, dan masalah lingkungan.

5.2 Prinsip Pemisahan secara Ekstraksi

Selama proses ekstraksi berlangsung, hal yang penting perlu diperhatikan adalah lapisan mana yang mengandung produk. Pada senyawa organik, relatif aman untuk mengasumsikan bahwa semuanya akan larut lebih baik dalam lapisan organik daripada kebanyakan larutan encer kecuali telah diubah menjadi senyawa ionik, yang membuat senyawa tersebut lebih larut dalam air. Jika asam karboksilat (asam benzoat) terjadi deprotonasi (proses menghilangkan proton) menggunakan basa atau amina diprotonasi menggunakan asam, hal ini akan menjadikan lebih larut dalam air karena adanya muatan dari senyawa yang. Pelarut terklorinasi (diklorometan, kloroform) menunjukkan kepadatan yang lebih tinggi daripada air, sedangkan eter, hidrokarbon dan banyak ester memiliki kepadatan yang lebih rendah daripada air, sehingga membentuk lapisan atas (Seader, 2001).

Pada proses pemisahan senyawa satu sama lain, sering dilakukan modifikasi secara kimia untuk membuat lebih ionik yaitu, mengubah asam karboksilat menjadi karboksilat dengan menambahkan basa. Larutan standar yang digunakan untuk ekstraksi adalah: asam klorida 5%, larutan natrium hidroksida 5%, larutan natrium bikarbonat jenuh (6%) dan air. Semua larutan ini membantu terbentuknya senyawa (organik) dan membuat lebih mudah larut dalam air dan hal itu menyebabkan hilangnya lapisan organik. Larutan yang lebih pekat jarang digunakan untuk ekstraksi karena peningkatan evolusi panas

selama ekstraksi, dan adanya potensi terjadi reaksi samping dengan pelarut (Bart, 2001).

5.3 Jenis-Jenis Ekstraksi

Secara garis besar, ada jenis ekstraksi, ekstraksi cair-cair yang juga dikenal sebagai ekstraksi pelarut serta ekstraksi padat-cair. Kedua jenis ekstraksi didasarkan pada prinsip yang sama, pemisahan senyawa, berdasarkan kelarutan relatifnya dalam dua cairan tak bercampur atau senyawa materi padat yang berbeda. Saat ini juga dikenal dengan adanya ekstraksi logam.

Ekstraksi cair-cair adalah campuran dua cairan yang tidak bercampur yang diumpankan dengan pelarut untuk memisahkan satu atau beberapa senyawa. Proses ekstraksi ini adalah pemisahan suatu zat dari satu fase cair ke fase cair lainnya.

Ekstraksi padat-cair atau *leaching* adalah pemisahan zat terlarut padat dari campuran padatan dengan melarutkannya dalam fase cair. Pada dasarnya, ada tiga komponen dalam pencucian: zat terlarut padat, padatan tidak larut dan pelarut. Dalam kebanyakan kasus, difusi komponen larut intra-partikel mengontrol laju ekstraksi. Oleh karena itu proses ini sering disebut sebagai ekstraksi difusi. Ekstraksi padat-cair banyak digunakan dalam beberapa hal seperti:

1. Ekstraksi gula dari tebu,
2. Isolasi minyak nabati dari biji yang berbeda
3. Industri farmasi misalnya ekstraksi komponen aktif dari tanaman obat
4. Proses hidrometalurgi misalnya *leaching* ion logam dari bijih.

Untuk model matematis *leaching*, ditentukan proses ekstraksi cairan yang ideal. Pelarut yang ditambahkan ke bahan kering sebagian diserap oleh bahan padat dan bahan yang mudah larut. Seringkali semua zat terlarut sudah larut (misalnya gula dalam gula bit). Larutan yang terbentuk terbagi menjadi dua bagian. Larutan eksternal disebut ekstrak dan yang internal disebut rafinat.

Menurut (Wisniak, 1987) Proses ekstraksi diklasifikasikan berdasarkan dua (2) kategori yang berbeda yaitu operasi dan jenis fase.

Klasifikasi berdasarkan operasi:

1. Proses Batch
2. Proses Continue

Klasifikasi berdasarkan jenis fase, yaitu:

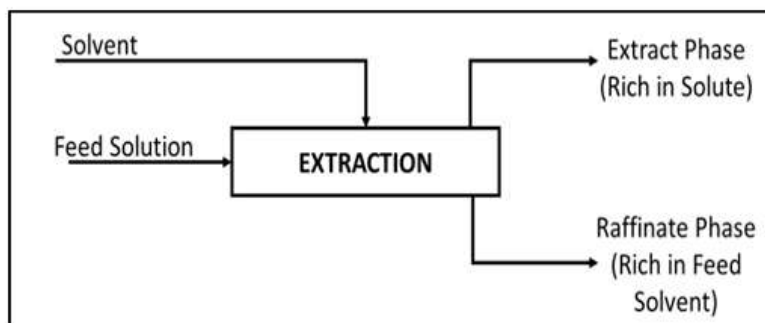
1. Ekstraksi cair-cair – fase sampel (cair)
 - a. Fase ekstrak (cair)
 - b. Dasar pemisahan (partisi)
2. Ekstraksi fase padat atau – fase sampel (gas, cair)
 - a. Fase Ekstrak Mikro (Fase Cair, Padat, Stasioner)
 - b. Dasar Pemisahan (Partisi atau adsorpsi)
3. *Leaching* (pencucian) atau padat cair – fase sampel (padat)
 - a. Ekstraksi Fase Ekstrak (Cair)
 - b. Dasar untuk Pemisahan (Partisi)
4. Cairan superkritis – fase sampel (padat, cair)
 - a. Fase Ekstraksi (*Supercritical Fluid*)
 - b. Dasar Pemisahan (Partisi dengan panas yang diterapkan)

5.4 Metode Ekstraksi

Berbagai langkah dapat dilakukan dalam setiap metode ekstraksi untuk pemisahan lengkap dan komponen yang diinginkan dapat terbentuk. Polaritas pelarut yang meningkat menunjukkan karakter partikel yang dihilangkan. Beragam metode ekstraksi memiliki peran penting dalam proses ekstraksi. Pengujian sederhana dapat digunakan ekstraktor Soxhlet dan untuk pengujian akhir dan jumlah sampel yang besar dapat digunakan instrument komputer.

Pada proses ekstraksi dapat digunakan berbagai macam metode baik secara sederhana maupun yang modern, seperti ekstraksi cairan bertekanan dan ekstraksi cairan superkritis. Metode ekstraksi modern ini digunakan untuk ekstraksi komponen-komponen organik, dan manfaat ekstraksi ini lebih besar daripada yang tradisional, dengan penggunaan waktu

yang lebih sedikit, lebih banyak selektivitas, dan lebih sedikit penggunaan pelarut. Diagram blok dari proses ekstraksi secara umum dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1. Diagram blok proses ekstraksi

Beberapa metode ekstraksi yang dapat digunakan yaitu:

1. *Maserasi*

Metode ekstraksi ini sangat mudah dan tidak rumit. Tetapi memiliki beberapa kelemahan seperti membutuhkan lebih banyak waktu dalam ekstraksi dan inefisiensi ekstraksi. Metode ekstraksi ini umumnya diterapkan dalam ekstraksi zat termolabil.

2. *Perkolasi*

Metode ekstraksi ini lebih tinggi daripada maserasi karena metode ekstraksi ini terus menerus, dan terus mengubah pelarut lama dengan pelarut baru.

3. *Ekstraksi Refluks*

Metode ekstraksi ini jauh ditingkatkan dalam hal efisiensi daripada maserasi dan perkolasi. Ini membutuhkan jumlah pelarut yang sangat rendah dan menggunakan lebih sedikit waktu dalam ekstraksi. Meskipun metode ini ditingkatkan efisiensinya lebih tinggi tingkat tingkatannya dibandingkan dengan maserasi dan perkolasi, namun masih tidak mampu mengekstrak komponen organik termolabil.

4. *Ekstraksi Soxhlet*

Metode ekstraksi ini seperti kombinasi metode perkolasi dan refluks yang sangat bermanfaat. Ini menggunakan

gagasan refluks untuk mengekstrak bersama dengan pelarut yang baru. Metode ekstraksi ini membutuhkan pengurangan jumlah waktu dan pelarut daripada perkolasi dan maserasi. Prosedur ekstraksi berkelanjutan ini dapat menyebabkan degenerasi termal jika digunakan dalam suhu tinggi dan membutuhkan waktu berlebihan untuk mengekstrak zat tersebut.

5. *Ekstraksi Cairan Bertekanan (PLE)*

Metode ekstraksi ini menggunakan tekanan ekstrim untuk ekstraksi. Tekanan ekstrem ini menghasilkan campuran pelarut yang lebih besar karena adanya tekanan yang membantu menjaga kelarutan yang tinggi.

6. *Ekstraksi Superkritis (SFE)*

Metode ekstraksi ini menggunakan cairan superkritis untuk berperan sebagai pelarut dalam proses ekstraksi. Pelarut ini memiliki kapasitas melarutkan sejumlah besar barang organik.

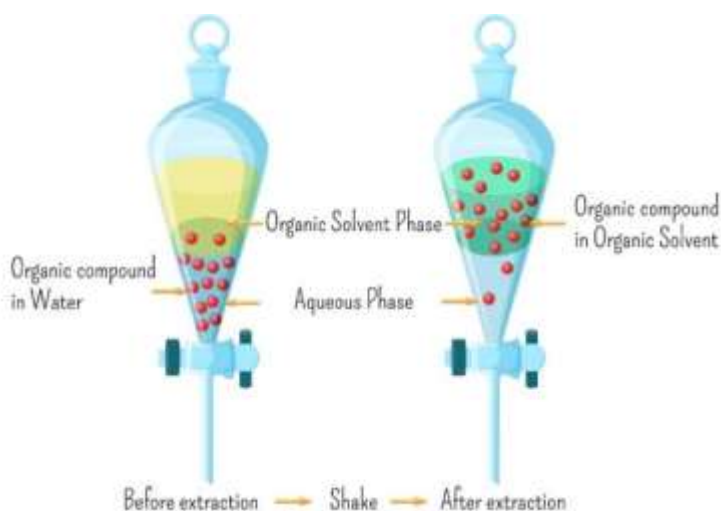
Dengan perkembangan ilmu dan teknologi baru, metode ekstraksi yang lebih modern dan canggih diharapkan dapat digunakan untuk mengekstraksi senyawa-senyawa organik. Ekstraksi refluks adalah metode ekstraksi yang paling banyak digunakan untuk pemisahan yang efisien. Metode ekstraksi ini dianggap sebagai metode ekstraksi hijau. Beberapa metode ekstraksi lain seperti PLE dan SFE juga bisa digunakan sebagai metode dengan peningkatan hasil ekstraksi, yield yang akan diekstraksi dan proses yang akan digunakan. Metode ekstraksi ini digunakan dalam kehidupan sehari-hari serta untuk alasan industri juga.

5.5 Ekstraksi Cair-Cair

Jenis ini umumnya menggunakan corong yang disebut corong pisah untuk memisahkan zat terlarut melalui satu fase ke fase lain dengan menggabungkan dua fase yang tidak dapat dicampur. Ekstraksi cair-cair ini memisahkan senyawa organik atau alami dari fase larutan ke fase organik

Ekstraksi cair-cair mentransfer senyawa organik yang dilarutkan dalam fase larutan ke pelarut organik, atau digunakan untuk mentransfer reaktan, garam, dan kotoran yang larut dalam air lainnya ke fase larutan dengan meninggalkan senyawa organik yang menarik dalam fase organik. Cairan yang tidak bercampur adalah cairan yang tidak pernah membentuk larutan homogen, bahkan ketika dicampur secara menyeluruh. Sebaliknya, cairan yang tidak bercampur terpisah menjadi fase yang berbeda, seperti minyak dan air.

Ekstraksi cair-cair merupakan metode pemisahan berdasarkan sifat fisik senyawa yang berbeda. Zat terlarut yang diinginkan diekstraksi dari satu fase cair ke fase cair lain yang tidak dapat bercampur, yang mana zat tersebut relatif lebih larut. Dua fase cair yang tidak dapat bercampur biasanya adalah air (fase larutan) dan pelarut organik (fase organik) dan ekstraksi paling sering dilakukan menggunakan corong pemisah, Seperti yang terlihat pada gambar 5.2 dibawah ini.



Gambar 5.2. Ekstraksi cair-cair
(<https://chromtech.com/>, 2023)

Menurut (Jassim, 2020), metode ekstraksi cair-cair didasarkan pada konsep kelarutan relatif. Zat terlarut akan

terdistribusi dengan perbandingan tertentu dan dapat diprediksi antara dua pelarut yang tidak dapat bercampur, bergantung pada seberapa larut zat tersebut dalam masing-masing pelarut. Penting untuk memastikan bahwa zat terlarut lebih larut dalam pelarut ekstraksi dibandingkan pelarut lainnya, sehingga zat pelarut yang tidak bercampur dapat diukur sebagai koefisien partisi (P), yaitu rasio konsentrasi zat terlarut antara dua pelarut yang tidak bercampur pada kesetimbangan.

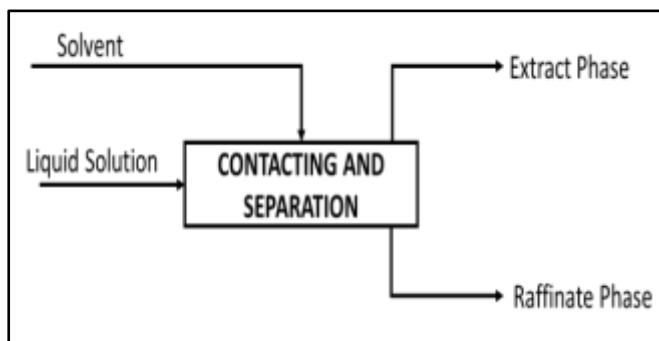
Kelarutan suatu zat terlarut didasarkan pada prinsip zat terlarut yang sangat polar akan lebih larut dalam pelarut yang sangat polar, dan sebaliknya. Misalnya, jika senyawa organik (seperti kafein) dilarutkan dalam pelarut encer (air) dan kemudian dicampur dengan pelarut organik (seperti diklorometana), kafein akan lebih disukai terpartisi ke dalam pelarut organik karena lebih mudah larut dalam fase ini. Zat terlarut akan tetap ada di kedua fase, dan mungkin diperlukan ekstraksi bertingkat untuk mentransfer zat terlarut dengan hasil tinggi ke dalam pelarut ekstraksi.

Dalam operasi ini, pelarut ditambahkan ke campuran cair. Akibatnya, dua lapisan terbentuk keduanya mengandung berbagai jumlah komponen yang berbeda. Lapisan yang terisolasi kemudian dipisahkan menggunakan perbedaan densitas sebagai fase ekstrak dan fase rafinat menggunakan perbedaan densitas.

Pelarut relatif tidak bercampur dengan larutan. Dalam ekstraksi cair, larutan umpan yang akan diproses mewakili fase pertama dan pelarut yang akan digunakan untuk mempengaruhi pemisahan mewakili fase kedua. Dalam operasi, dua fase yang tidak bercampur apabila dikontakkan. Transfer massa zat terlarut terjadi dari larutan umpan ke fase pelarut.

Akibat terjadinya kedua pelarut tidak dapat bercampur, kedua cairan membentuk lapisan terpisah, dengan cairan padat di bagian bawah dan cairan yang kurang padat di bagian atas. Setelah dua fase mengendap kembali menjadi dua lapisan, lalu dipisahkan dengan membuka stopcock di bagian bawah corong pemisah dan memungkinkan satu lapisan mengalir keluar. Cairan yang memiliki zat terlarut disebut raffinate, sedangkan

cairan yang memperoleh zat terlarut disebut ekstrak. Seperti yang terlihat pada gambar 5.3 dibawah ini.



Gambar 5.3. Diagram blok dari proses ekstraksi cair-cair

Senyawa organik dipartisi antara dua lapisan berdasarkan kelarutannya di setiap fase. Keseimbangan tercapai ketika potensial kimia zat terlarut adalah sama dalam dua fase. Koefisien partisi untuk zat terlarut, K , adalah rasio konsentrasi sampel dalam lapisan organik dibagi dengan konsentrasi dalam fase larutan. Koefisien partisi adalah konstanta yang nilainya tergantung pada zat terlarut dan pelarut yang digunakan dalam ekstraksi. Zat terlarut dengan koefisien partisi besar memiliki kecenderungan lebih tinggi untuk diekstraksi ke dalam lapisan pelarut organik. Zat terlarut dengan koefisien partisi kecil lebih cenderung bertransisi ke fase larutan.

Penentuan pasangan pelarut yang akan digunakan untuk ekstraksi cair-cair adalah langkah penting. Pertimbangkan hal berikut ketika memilih pelarut mana yang akan digunakan:

1. Zat terlarut harus lebih larut dalam pelarut daripada dalam air. Oleh karena itu, mengetahui koefisien partisi zat terlarut dalam pasangan pelarut potensial diperlukan.
2. Pasangan pelarut harus bercampur dalam air dan tidak membentuk larutan homogen ketika dicampur.
3. Pelarut harus lemah dan tidak bereaksi dengan zat terlarut. Pelarut juga harus mudah menguap sehingga dapat dihilangkan dari zat terlarut dengan mudah. Pelarut organik

yang tidak bercampur air umumnya memiliki polaritas non-polar atau rendah.

Penting juga untuk mengetahui kepadatan pelarut untuk menentukan identitas lapisan atas dan bawah. Sebagian besar cairan organik memiliki kepadatan yang lebih rendah daripada air, dengan pengecualian pelarut organik terklorinasi, dan akan mengendap di bagian bawah corong pemisah.

5.6 Ekstraksi Asam Basa

Ekstraksi asam-basa adalah jenis ekstraksi cair-cair yang memisahkan senyawa organik berdasarkan sifat asam-basa. Jika zat terlarut adalah asam atau basa, muatannya berubah saat pH berubah. Umumnya, sebagian besar senyawa organik netral, dan karena itu lebih larut dalam pelarut organik daripada dalam air. Namun, jika senyawa organik menjadi ionik, maka menjadi lebih larut dalam air. Ini berguna dalam mengekstraksi asam organik atau senyawa basa dari fase organik ke fase berair (Aslanov, 2011).

Ekstraksi asam-basa memanfaatkan sifat asam basa tersebut dengan mengubah zat terlarut menjadi bentuk garam yang larut dalam air, sehingga mengubah kelarutannya. Kelarutan senyawa organik dan garamnya harus berbeda agar teknik ini efektif. Misalnya, pertimbangkan campuran yang mengandung asam karboksilat organik, amina, dan senyawa netral. Asam karboksilat yang terdiri dari enam (6) karbon atau lebih tidak larut dalam air dan sepenuhnya larut dalam pelarut organik. Namun, basa konjugat (senyawa ionik) larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik. Amina yang terdiri dari setidaknya tujuh (7) karbon tidak larut dalam air tetapi larut dalam pelarut organik. Asam konjugat dari amina itu (senyawa ionik) larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut organik.

Ketika bereaksi dengan basa, asam karboksilat dinetralkan ke bentuk garamnya. Senyawa lain dalam campuran tetap netral. Setelah asam karboksilat diubah menjadi garam, maka akan berpartisipasi ke fase larutan, sedangkan senyawa netral tetap dalam fase organik.

Ekstraksi asam-basa juga digunakan untuk memisahkan dua asam lemah atau dua basa lemah dengan perbedaan yang signifikan dalam nilai pK_a . Dalam kasus asam, asam yang relatif lebih kuat, memiliki nilai pK_a kecil, dinetralkan menjadi garam menggunakan basa lemah. Basa lemah tidak bereaksi dengan asam lemah, dan hanya asam kuat yang diubah menjadi garam. Kemudian, garam diekstraksi ke dalam fase larutan selama ekstraksi. Proses ini sama untuk basa lemah, yaitu basa yang relatif lebih kuat dinetralkan menjadi garam menggunakan asam lemah.

Pada umumnya ekstraksi cair-cair didasarkan pada kimia asam-basa. Saat terjadi kontak, cairan yang terlibat harus bercampur untuk membentuk dua lapisan, karena sebagian besar ekstraksi dilakukan dengan menggunakan larutan (yaitu, 5% NaOH, 5% HCl), ketercampuran pelarut dengan air merupakan titik penting serta kompatibilitas pereaksi dengan senyawa dan pelarut larutan yang akan diekstraksi. Pelarut seperti diklorometana (metilen klorida), kloroform, dietil eter, atau etil ester akan membentuk dua lapisan yang bersentuhan dengan larutan jika digunakan dalam jumlah yang cukup. Etanol, metanol, tetrahidrofuran (THF) dan aseton biasanya tidak sesuai untuk proses ekstraksi karena pelarut tersebut larut pada sebagian besar larutan encer. Namun, dalam beberapa kasus adalah mungkin untuk mencapai pemisahan fase dengan penambahan sejumlah besar garam-garam. Pelarut yang mengandung oksigen biasanya lebih larut dalam air dan sebaliknya karena kemampuan pelarut tersebut untuk bertindak sebagai donor ikatan hidrogen dan akseptor ikatan hidrogen. Kelarutan air yang lebih tinggi menurunkan kelarutan senyawa polar lemah atau non-polar dalam pelarut ini yaitu, ligan dalam etil asetat. Pelarut lain seperti alkohol meningkatkan kelarutan air dalam lapisan organik secara signifikan karena larut dengan kedua fase dan bertindak sebagai mediator yang mengarah pada pembentukan emulsi (Wisniak, 1987).

5.7 Prinsip Ekstraksi Pelarut

Pada beberapa tahun terakhir, serangkaian teknik pemisahan baru telah dikembangkan yang menggabungkan teknologi ekstraksi pelarut dengan teknologi lain untuk beradaptasi dengan perkembangan teknik restriksi DNA dan rekayasa genetika, seperti ekstraksi cairan superkritis, ekstraksi membran cair, dan lain-lain.

Ekstraksi pelarut, disebut juga ekstraksi cair-cair (LLE) dan bagian cairan yang tidak dapat bercampur adalah cairan yang tidak dapat tercampur dan terpisah menjadi beberapa lapisan. Cairan ini biasanya berupa air dan pelarut organik.

Proses ini merupakan metode pemisahan senyawa secara kuantitatif. Pelarut ekstraksi diaduk dengan larutan yang mengandung zat terlarut kemudian zat terlarut dari pelarut asli dipindahkan ke dalam pelarut ekstraksi. Ketika pengadukan dihentikan, ekstraksi pelarut membentuk lapisan terpisah dan sekarang mengandung zat terlarut yang diinginkan.

Prinsip kerja dengan metode ekstraksi pelarut adalah perpindahan senyawa dari satu pelarut ke pelarut lainnya karena perbedaan kelarutan atau koefisien distribusi antara dua pelarut yang tidak dapat bercampur (atau sedikit larut). Dibandingkan dengan metode pemisahan lainnya, metode ini memberikan efek pemisahan yang lebih baik daripada presipitasi kimia, dan tingkat selektivitas yang lebih tinggi serta perpindahan massa yang lebih cepat dibandingkan metode pertukaran ion. Dibandingkan dengan distilasi, ekstraksi pelarut memiliki keunggulan seperti konsumsi energi yang rendah, kapasitas produksi yang besar, tindakan yang cepat, pengoperasian berkelanjutan yang mudah, dan kemudahan otomatisasi.

Berbeda dengan proses retrifikasi, pada ekstraksi tidak terjadi pemisahan dengan cepat dari bahan-bahan yang akan diperoleh (ekstrak), melainkan mula-mula hanya terjadi pengumpulan ekstrak (dalam pelarut). Suatu proses ekstraksi biasanya melibatkan tahap-tahap berikut:

1. Mencampurkan bahan ekstrak dengan pelarut dan membiarkannya saling kontak. Dalam hal ini terjadi

perpindahan massa dengan cara difusi pada bidang antar muka bahan ekstraksi dan pelarut. Dengan demikian terjadi ekstraksi yang sebenarnya, yaitu pelarut ekstrak.

2. Memisahkan larutan ekstrak dari rafinat, kebanyakan dengan cara penjernihan atau filtrasi.
3. Mengisolasi ekstrak dari larutan ekstrak dan mendapatkan kembali pelarut. Umumnya dilakukan dengan mendapatkan kembali pelarut. Larutan ekstrak langsung dapat diolah lebih lanjut atau diolah setelah dipekatkan.

Menurut (Haan, 2020), pelarut yang umum digunakan adalah etil asetat (8,1 %), dietil eter (6,9 %), diklorometana (1,3 %) dan kloroform (0,8 %) dilarutkan hingga 10 % dalam air. Air juga larut dalam pelarut organik, seperti; etil asetat (3%), dietil eter (1,4 %), diklorometana (0,25 %) dan kloroform (0,056 %).

Ekstraksi pelarut digunakan dalam pengolahan parfum, minyak sayur, atau biodiesel. Proses ini juga digunakan untuk memperoleh plutonium dari bahan bakar nuklir yang diiradiasi, suatu proses yang biasanya disebut pemrosesan ulang nuklir. Plutonium yang diperoleh kemudian dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar nuklir.

Sifat-sifat pelarut yang digunakan untuk ekstraksi pelarut yakni:

1. Pelarut harus dapat bercampur dengan baik dengan cairan yang akan diekstraksi.
2. Pelarut tidak boleh bercampur dengan komponen lain dalam campuran atau bereaksi dengan zat terlarut.
3. Titik didih pelarut harus cukup rendah (jauh di bawah titik leleh zat terlarut) sehingga dapat dengan mudah diuapkan.
4. Harus memiliki koefisien suhu yang baik.

Hal-hal yang perlu diperhatikan terhadap pelarut antara lain:

1. Pelarut tersebut harus mampu melarutkan setidaknya satu komponen lebih banyak dibandingkan komponen lainnya dalam campuran.
2. Reaksi yang terjadi harus stabil dan tidak dapat diubah. Reaksi reversibel dapat mengembalikan komponen terlarut

ke bentuk semula dan ekstraksi tidak akan berhasil diselesaikan.

3. Senyawa yang terbentuk setelah reaksi harus mudah dipisahkan dari senyawa yang diekstraksi agar dapat digunakan kembali.
4. Kepadatan senyawa harus berbeda dari komponen yang diperlukan untuk membantu pemisahan dengan mudah.
5. Murah dan hemat biaya.
6. Pelarut tidak boleh beracun atau korosif karena dapat merusak instrumen ekstraksi.

Faktor lain yang penting dipertimbangkan selama pemilihan pelarut adalah viskositas, titik didih, sifat mudah terbakar, dan lain-lain.

5.7.1 Koefisien Distribusi

Bila suatu larutan dimasukkan ke dalam corong pisah dan dikocok dengan pelarut yang tidak dapat bercampur, zat terlarut sering kali larut sebagian pada kedua lapisan.

Menurut (Wisniak, 1987), ketika kesetimbangan telah tercapai, rasio konsentrasi adalah zat terlarut di setiap lapisan adalah konstan untuk setiap sistem, dan hal ini dapat dinyatakan dengan nilai K . K disebut koefisien partisi atau koefisien distribusi.

$$KD = \frac{\text{Molaritas dalam fase organik}}{\text{Molaritas dalam fase cair}}$$

Jika suatu senyawa dikontakkan dengan dua cairan yang tidak dapat bercampur, maka senyawa itu sendiri akan terdistribusi dalam kedua cairan tersebut. Hal ini adalah proses kesetimbangan (kesetimbangan disolusi) yang diatur oleh suhu sistem.

Misalkan senyawa A akan diekstraksi dari larutan encer ke dalam cairan organik, maka untuk senyawa A, kesetimbangan disolusi dapat dinyatakan dengan persamaan:



Pada kesetimbangan disolusi konsentrasi senyawa A dalam fase cair dan fase organik adalah tetap.

$$KD = \frac{\text{Konsentrasi dalam fase organik}}{\text{Konsentrasi dalam fase cair}}$$

Dari koefisien keseimbangan terlihat bahwa suatu besaran senyawa akan tetap tidak terekstraksi dalam fase air.

Pada ekstraksi tunggal, pemisahan kuantitatif suatu senyawa dari fase cair ke fase organik tidak mungkin dilakukan. Jadi untuk ekstraksi kuantitatif suatu senyawa dari fase cair ke fase organik, fase cair harus diekstraksi lagi atau beberapa kali.

Adapun Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$X_n = X_a \left[\frac{V_{aq}}{KD V_o + V_{aq}} \right]$$

Dimana,

- N : jumlah zat terlarut diekstraksi dari fase cair
- X_n : jumlah zat terlarut yang tersisa dalam fase cair setelah n ekstraksi
- X_a : milimol zat terlarut yang diambil dalam fase cair
- KD : koefisien distribusi
- V_{aq} : volume fase cair yang diambil untuk ekstraksi
- V_o : volume fase organik yang digunakan untuk ekstraksi pada waktu dalam ekstraksi bertingkat

Persen ekstraksi adalah istilah lain yang digunakan dalam ekstraksi pelarut untuk menyatakan efisiensi ekstraksi. Persen ekstraksi atau efisiensi ekstraksi (%E) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% E = \frac{100 \times \text{mmol diekstraksi}}{\text{Total mmol dalam fase larutan}}$$

Jika larutan yang akan diekstraksi terdiri dari dua zat terlarut A dan B, dan untuk memisahkan A dari B, maka digunakan pelarut pengestraksi yang akan melarutkan lebih banyak A dan

lebih sedikit B. Pada kondisi ini, efektivitas pemisahan dinyatakan dalam koefisien pemisahan atau faktor pemisahan. Ini dinyatakan sebagai rasio koefisien distribusi dua zat terlarut A dan B dan dilambangkan dengan β .

$$\beta = \frac{K_{DA}}{K_{DB}}$$

Nilai β harus sangat tinggi untuk memisahkan dua zat terlarut dengan ekstraksi pelarut, jika tidak maka pemisahan sangat sulit terjadi.

5.7.2 Rasio Distribusi

Banyak zat mengalami disosiasi dalam fase larutan seperti asam karboksilat lemah seperti asam benzoat, fenol, dan lain-lain. Asam lemah HA akan berdisosiasi dalam fase larutan seperti berikut ini:



Zat-zat yang mengalami disosiasi dalam lapisan air, jumlah koefisien distribusi dalam bentuk yang dimodifikasi dapat didefinisikan sebagai rasio distribusi (D) (Haan, 2020).

$$D = \frac{[HA]_{org}}{[A^-]_{aq} + [HA]_{aq}}$$

5.7.3 Faktor-Faktor yang mempengaruhi Ekstraksi Pelarut

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses ekstraksi pelarut yakni (Haan, 2020):

1. *Pengaruh suhu dan zat terlarut inert*

Interaksi fisik maupun kimia zat terlarut mampu mengubah koefisien partisi yang jelas antara sepasang pelarut. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan hal ini saat memilih sistem ekstraksi yang tepat. Koefisien partisi biasanya tidak sensitif terhadap suhu ketika dua pelarut yang dimaksud kurang lebih tidak bercampur dan juga

konsentrasinya cukup rendah di kedua fase. Dengan demikian, pengaruh suhu pada koefisien partisi dapat diperkirakan dengan mudah dari pengaruhnya terhadap kelarutan zat dalam dua pelarut masing-masing.

Efek zat terlarut inert, seperti: kalsium klorida, magnesium klorida dan sukrosa, juga dapat digunakan dengan baik dalam pengembangan solusi untuk masalah ekstraksi yang sulit dengan memungkinkan ekstraksi yang efisien dari larutan ke dalam pelarut seperti aseton, etanol dan metanol yang ditemukan benar-benar larut dengan air tanpa adanya garam (Bart, 2001).

2. *pH*

Secara umum, telah ditemukan bahwa asam organik dan basa memang ada dalam larutan air sebagai campuran kesetimbangan dari bentuk netral dan ionik masing-masing. Dengan demikian, bentuk netral dan ionik ini mungkin tidak memiliki koefisien partisi identik yang sama dalam pelarut kedua, oleh karena itu jumlah zat yang diekstraksi hanya tergantung pada posisi kesetimbangan asam-basa dan akhirnya pada pH larutan yang dihasilkan. pH mempengaruhi kestabilan dan muatan pada kompleks logam. pH kompleks ion logam paling stabil dan netral merupakan pH terbaik untuk ekstraksi ion logam.

3. *Efek pembentukan pasangan ion*

Menurut (Aslanov, 2011), pembentukan pasangan ion sangat sering terjadi dan menimbulkan ekstraksi yang tidak terduga. Dalam arti sebenarnya, pasangan ion dapat dianggap sebagai hubungan erat anion dan kation, dan oleh karena itu, biasanya terjadi baik dalam pelarut polar atau non-polar. Pada kenyataannya, pasangan ion selalu terbentuk berdasarkan penyatuan antara anion organik yang relatif besar dan kation (jauh lebih kecil). Menariknya, pasangan ion yang dihasilkan telah ditemukan untuk menunjukkan kelarutannya yang cukup besar dalam pelarut polar. Oleh karena itu, senyawa ini dapat diekstraksi dengan

mudah dengan parameter eksperimental seperti itu dengan tidak adanya ion komposit. Beberapa kriteria penting terbentuknya senyawa ionik yang dapat diekstraksi pada larutan yang lebih baik adalah, yaitu:

- a. Pembentukan kompleks logam-kelat netral atau dengan asosiasi ion, dan
- b. Terbentuknya molekul yang lebih besar dan lebih hidrofobik

4. *Synergic agents*

Reagen yang bila ditambahkan ke fase organik meningkatkan efisiensi ekstraksi. Hal tersebut akan berasosiasi dengan kompleks logam, sehingga lebih larut dalam fase organik. Kata sinergi dapat didefinisikan sebagai proses di mana dua reagen yang berbeda ketika digunakan bersama-sama mampu mengekstraksi ion logam dengan efisiensi yang berbeda dan ditandai, dibandingkan dengan kondisi ketika dua reagen yang sama digunakan secara individual (Aslanov, 2011).

5.7.4 Metode Ekstraksi Pelarut Ion Logam

Metode ekstraksi pelarut ion logam dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu pembentukan kelat, metode asosiasi ion, solvasi, dan ekstraksi sinergis (Seader, 2001):

1. *Pembentukan kelat;*

Logam membentuk kompleks yang stabil dan netral dengan zat kelat. Kelat semacam itu biasanya larut dalam air. Agen kelat biasanya berupa ligan organik yang memberikan kantong hidrofobik pada ion logam. Bagian organik dari ligan tersebut berinteraksi kuat dengan pelarut organik dan dengan demikian meta-kelat menjadi larut dalam fase organik.

2. *Metode asosiasi ion;*

Ion logam membentuk kompleks ionik dengan ion tertentu. Pada akhirnya kompleks ionik ini berasosiasi dengan ion-ion yang bermuatan berlawanan yang disebut kompleks asosiasi ion.

3. *Pelarutan;*

Pelarutan merupakan proses dimana ion logam terlarut oleh molekul pelarut dan terperangkap di dalam pelarut. Pelarut yang digunakan untuk solvasi larut dalam fase organik, sehingga ion logam terekstraksi dari fase larutan ke fase organik. Asam karboksilat, amina, asam fosfat tersubstitusi menjadi alkali dan lain-lain dan dapat digunakan sebagai ekstraktan

4. *Ekstraksi sinergis;*

Reagen yang bila ditambahkan ke fase organik meningkatkan efisiensi ekstraksi. Hal tersebut berasosiasi dengan kompleks logam, sehingga lebih larut dalam fase organik.

5.7.5 Teknik Ekstraksi Pelarut

Menurut (Wisniak, 1987) , ekstraksi pelarut dapat dilakukan dengan berbagai cara, yakni:

1. *Batch Extraction;*

Metode paling sederhana dan paling umum digunakan, yaitu mengekstraksi zat terlarut dari satu lapisan yang tidak dapat bercampur ke lapisan lainnya dengan mengocok kedua lapisan hingga tercapai kesetimbangan, setelah itu lapisan dibiarkan mengendap sebelum pengambilan sampel. Ini biasanya digunakan dalam skala kecil di laboratorium kimia. Peralatan yang paling umum digunakan untuk melakukan ekstraksi batch adalah corong pemisah. Ekstraksi batch juga dapat digunakan dengan keuntungan bila rasio distribusinya besar.

2. *Countercurrent Extraction;*

Ekstraksi dengan distribusi arus berlawanan kontinu adalah tipe umum digunakan terutama untuk tujuan fraksinasi. Pemisahan melalui metode arus berlawanan kontinyu dicapai berdasarkan perbedaan densitas antara fluida yang bersentuhan. Pada kolom vertikal, fase yang lebih padat masuk dari atas dan mengalir ke bawah, sedangkan fase yang kurang padat masuk dari bawah dan mengalir ke atas. Pilihan metode yang akan digunakan akan bergantung

terutama pada nilai rasio distribusi zat terlarut yang diinginkan, serta pada faktor pemisahan bahan pengganggu.

Ciri-ciri penting suatu ekstraktan yaitu:

1. Selektif terhadap logam yang dibutuhkan.
2. Kemampuan mengekstraksi logam pada keasaman atau pH yang diinginkan.
3. Kemudahan pembentukan kompleks dengan logam yang diinginkan dan kelarutan yang tinggi dari spesies logam organik dalam fase organik.
4. Kemudahan pemulihan logam dari fase organik.
5. Harus stabil sepanjang tahapan prinsip ekstraksi pelarut.
6. Disiapkan di laboratorium dalam skala besar.
7. Memiliki tingkat ekstraksi dan pengupasan yang dapat diterima.
8. Regenerasi ekstraktan untuk didaur ulang dalam skala besar yang ekonomis proses.
9. Tidak ada pembentukan emulsi.

5.8 Penerapan dan Aplikasi Ekstraksi Cair-Cair dalam Industri Kimia

Setiap kali pemisahan dengan distilasi dan ekstraksi dimungkinkan, pilihannya biasanya distilasi terlepas dari persyaratan pemanasan dan pendinginan. Dalam ekstraksi, pelarut harus dipulihkan untuk digunakan kembali dan karenanya ekstraksi biasanya diikuti dengan distilasi untuk pemulihan pelarut. Operasi gabungan ini lebih rumit dan lebih mahal daripada distilasi biasa. Tetapi setiap kali pemisahan komponen campuran cair sangat sulit atau tidak efektif dengan distilasi, ekstraksi dapat dianggap sebagai proses alternatif untuk itu, apabila:

1. Setiap kali jumlah panas laten yang sangat besar diperlukan (seperti dalam kasus dengan larutan yang sangat encer di mana air harus diuapkan, panas laten cairan organik secara substansial lebih rendah daripada air)
2. Setiap kali kita berurusan dengan campuran cair, bentuk campuran azeotrop tutup mendidih.

3. Setiap kali kita berurusan dengan zat yang secara termal tidak stabil / peka terhadap panas, pemisahan dengan distilasi mahal, tidak efektif, dan sulit. Dalam kasus seperti itu, ekstraksi menarik dan disukai.

Contoh transfer massa cair-cair:

1. Pemulihan asam asetat dari larutan encer dilakukan lebih ekonomis dengan ekstraksi diikuti dengan distilasi daripada distilasi saja karena panas laten penguapan air yang tinggi (distilasi dimungkinkan tetapi ekstraksi mengurangi secara substansial jumlah air yang akan diuapkan).
2. Asam lemak rantai panjang dapat dihilangkan dari minyak nabati secara ekonomis dengan ekstraksi dengan propana cair daripada dengan teknik distilasi vakum tinggi.
3. Pemisahan produk minyak bumi yang memiliki kisaran didih yang sama. Pemisahan aromatik dari fraksi minyak pelumas menggunakan lebih lanjut sebagai pelarut.
4. Pemulihan penisilin dari kaldu fermentasi menggunakan butil asetat.

Adapun terkait ekstraksi pelarut, dapat dipalिकासikan pada berbagai proses, seperti:

1. Penentuan zat besi
2. Penentuan timbal dalam darah
3. Penentuan tembaga dalam paduan seperti baja
4. Penentuan uranium
5. Pemisahan dan Pemurnian bahan senyawa organik oleh ahli kimia organik
6. Digunakan dalam industri obat oleh ahli kimia analitik, ahli biokimia, ahli kimia farmasi.

Aplikasi proses ekstraksi secara khusus direkomendasikan untuk pemisahan komponen non volatil campuran yang tidak dapat dipisahkan dengan prosedur lain, campuran yang kesetimbangan fase uap-cairnya menunjukkan fitur azeotropik, dan komponen sensitif suhu.

Aplikasi penting dari prosedur ekstraksi sering dijumpai di industri kimia (anorganik, organik), metalurgi kimia (ekstraksi garam logam dari larutan air asin e), teknologi nuklir (pemrosesan ulang bahan bakar nuklir), teknologi lingkungan (pengolahan air limbah), teknologi pangan (penyulingan minyak nabati), dan industri farmasi (ekstraksi agen).

Dalam Industri, proses ekstraksi memainkan peran kunci dalam pemisahan komponen yang diinginkan dari campurannya menggunakan pelarut yang sesuai. Ekstraksi memiliki aplikasi besar di hampir semua industri seperti Kimia, Farmasi, pengolahan Efluen, Polimer, Minyak Bumi, Petrokimia, Makanan, Logam, Anorganik, Nuklir, dll, sehingga sulit untuk setiap proses terjadi tanpa proses ekstraksi. Tergantung pada sifat-sifat bahan yang akan diekstraksi, penting untuk mempelajari metode ekstraksi secara rinci (Mc Cabe, 1993).

DAFTAR PUSTAKA

- Aliwarga, L. R. R. Y. L. P. d. P. M., 2020. Pengaruh pH dan Jenis Pelarut terhadap Ekstraksi Batch Asam 6-Aminopenisilat. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, pp. 61-66.
- Aslanov, L., 2011. Ionic Liquids: Liquid Structure. *Journal of Molecular Liquids*, pp. 162, 101-104.
- Bart, H. J., 2001. *Reactive Extraction*. Springer, Berlin, Heidelberg: s.n.
- Haan, A. E. H. a. S. B., 2020. Liquid-Liquid Extraction. Industrial Separation Processes: Fundamentals.. *De Gryuter*, pp. 117-154.
- Jassim, N. J., 2020. Solvent Extraction Optimization of Chlorophyll Dye from Conocarpus Lancifolius Leaves. *Journal of Engineering and Technological Science*, pp. 14-27.
- Mc Cabe, W. L. J. C. S. P. H., 1993. Unit Operations of Chemical Engineering. In: 5th ed. s.l.:McGraw Hill, pp. 623-641.
- Seader, H. J. E. J., 2001. *Separation Process Principles*. s.l.:John Wiley & Sons inc.
- Wisniak, J., 1987. *Liquid-Liquid Equilibrium and Extraction*. Amsterdam: Elsevier.

BAB 6

KIMIA KOLOID

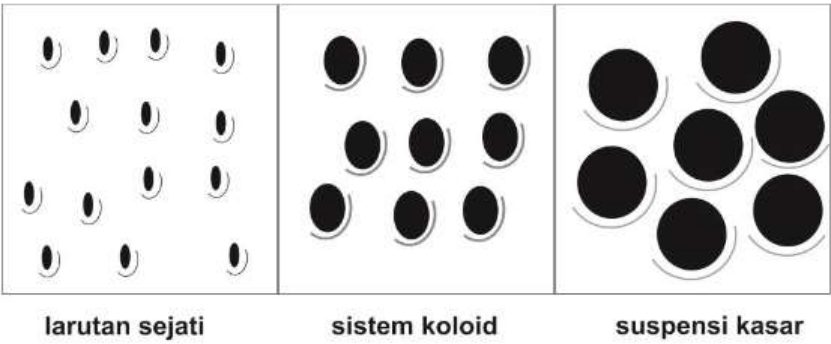
Oleh Hasrawati Bahar

6.1 Sistem Koloid

Istilah koloid berasal dari bahasa Yunani yaitu kolla yang berarti perekat yang dikemukakan oleh Thomas Graham (1861). Koloid adalah campuran dimana suatu zat yang terdiri dari partikel-partikel tidak larut yang tersebar secara mikroskopis tersuspensi pada zat lain. Beberapa definisi menetapkan bahwa partikel harus terdispersi dalam cairan, sementara definisi lain memperluas definisi tersebut hingga mencakup zat seperti aerosol dan gel. Istilah suspensi koloid jelas mengacu pada keseluruhan campuran (walaupun pengertian suspensi yang lebih sempit dibedakan dari koloid dengan ukuran partikel yang lebih besar). Koloid mempunyai fase terdispersi (partikel tersuspensi) dan fase kontinyu (media suspensi). Partikel fase terdispersi memiliki diameter sekitar 1 nanometer hingga 1 mikrometer.

Salah satu sifat koloid yaitu kemampuan suatu koloid untuk melewati membran permeabel dibandingkan dengan gula, urea dan NaCl itu mampu melewati membran permeabel. Campuran yang bentuknya berada diantara larutan sejati dan suspensi kasar disebut sebagai Sistem Koloid. Ukuran partikel larutan sejati adalah kurang dari 1 nm, partikel koloid berukuran 1 nm sampai 1000 nm, sedangkan suspensi kasar lebih besar dari 1000 nm. Selain itu partikel larutan dan koloid tidak dapat dipisahkan secara fisik (penyaringan), sedangkan suspensi kasar dapat diperoleh dengan di filter dengan bantuan penyaringan. Sistem koloid dapat dipisahkan dengan terlebih dahulu dikoagulasi dan flokulasi sehingga ukuran partikel menjadi lebih besar dan akan mengendap dan dapat disaring. Perbedaan ukuran partikel antara larutan sejati, sistem koloid dan suspensi kasar dapat dilihat pada gambar 1.1. (Arneli, 2019).

6.2 Sifat Koloid



Gambar 6.1. Perbedaan ukuran partikel dan larutan sejati, sistem koloid dan suspensi kasar

Beberapa koloid bersifat tembus cahaya karena efek Tyndall, yaitu penghamburan cahaya oleh partikel-partikel dalam koloid. Koloid lain mungkin buram atau memiliki sedikit warna.

Suspensi koloid adalah subjek ilmu antarmuka dan koloid. Bidang studi ini dimulai pada tahun 1845 oleh Francesco Selmi dan diperluas oleh Michael Faraday dan Thomas Graham, yang menciptakan istilah koloid pada tahun 1861. Koloid dapat dibagi tiga berdasarkan cara pembentukannya yaitu: dispersi koloid, larutan makromolekul, dan koloid asosiasi.

Campuran homogen dengan fase terdispersi dalam kisaran ukuran ini dapat disebut aerosol koloid, emulsi koloid, suspensi koloid, busa koloid, dispersi koloid, atau hidrosol.

Tabel 1.1. Macam-macam sistem koloid berdasarkan fasa pendispersi dan terdispersinya.

Fase/Media		Fase Pendispersi		
		Gas	Cair	Padat
Media Terdispersi	Gas	Tidak ada koloid seperti itu yang diketahui. Helium dan xenon diketahui tidak dapat bercampur dalam kondisi tertentu.	Aerosol cair Contoh: kabut, awan, kondensasi, kabut, uap, semprotan rambut	Aerosol padat Contoh: asap, awan es, partikel atmosfer, debu
	Cair	Busa Contoh: krim kocok, krim cukur, larutan sabun, busa pemadam kebakaran	Emulsi atau Kristal cair Contoh: susu, mayones, krim tangan, lateks, membran biologis, kondensat biomolekuler cair	Sol Contoh: tinta berpigmen, sedimen, endapan, kondensat biomolekuler padat
	Padat	Busa padat Contoh: aerogel, sabun apung, styrofoam, batu apung	Gel Contoh: agar, gelatin, jeli, kondensat biomolekuler seperti gel	Sol padat Contoh: gelas cranberry

Sumber: Brady, James. 1990

6.3 Contoh Koloid

1. Sol

Koloid di mana fase terdispersi berada dalam bentuk partikel cairan. Contoh: cat emulsi.

2. Gel

Koloid di mana fase terdispersi berada dalam bentuk 3D padat tetapi imbalanced dengan medium penyebar. Contoh: gelatin.

3. Aerosol

Koloid di mana fase terdispersi berupa partikel padat atau cairan dalam fase gas. Contoh: kabut atau semprotan.

4. Busa: Koloid di mana fase terdispersi berada dalam bentuk gas dalam fase cair atau padat. Contoh: busa sabun.

6.4 Jenis Partikular Koloid

Ada beberapa jenis partikular koloid berdasarkan ukuran partikelnya, diantaranya sebagai berikut :

1. Makromolekul: Partikel besar seperti protein, polisakarida, atau asam nukleat.
2. Mikromakromolekul: Partikel berukuran sedang seperti partikel-partikel tanah liat atau protein.
3. Partikel Partikulat: Partikel-partikel kecil seperti butiran-butiran emas atau perak.

6.5 Sifat Koloid

Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari sistem koloid:

1. Fase Dispersi:
 - a. Partikel Koloid: Partikel-partikel dalam sistem koloid dapat berupa molekul, ion, atau butiran padat yang terdispersi dalam medium cair atau gas.
 - b. Ukuran Partikel: Partikel koloid memiliki ukuran antara 1 hingga 1000 nanometer.
2. Medium Dispersan:
 - a. Fase Kontinu: Medium di sekitar partikel koloid disebut fase dispersan atau medium dispersan. Fase ini dapat berupa cairan, gas, atau padatan.
 - b. Medium Pemisah: Adanya medium ini memungkinkan partikel koloid tetap terdispersi dan tidak mengendap.
3. Sifat Optik:
 - a. Efek Tyndall: Sistem koloid dapat menunjukkan efek Tyndall, yaitu kemampuannya untuk menyebarkan cahaya. Jika cahaya ditembakkan melalui sistem koloid, cahaya tersebut akan tersebar oleh partikel-partikel koloid.
4. Pergerakan Brownian:
 - a. Gerak Brownian: Partikel-partikel koloid akan mengalami gerakan acak yang disebut gerak Brownian karena tumbukan dengan molekul pelarutnya.
5. Stabilitas:
 - a. Stabilitas Koloid: Stabilitas sistem koloid dapat dipertahankan melalui elektrostatik, repulsi steric, atau campuran keduanya.

6. Metode Pemisahan:

- a. Filtrasi Koloid: Pemisahan partikel koloid dari medium dispersan dapat dilakukan dengan menggunakan filter koloid atau metode pemisahan lainnya.

6.6 Interaksi Koloid

Koloid adalah sistem dispersi partikel-partikel kecil dalam medium pembawa, seperti cairan, gas, atau padatan. Partikel koloid memiliki ukuran antara 1 nanometer hingga 1 mikrometer. Interaksi antara partikel koloid sangat penting dalam menentukan sifat-sifat koloid dan perilakunya.

Beberapa jenis interaksi koloid yang umum melibatkan:

1. **Interaksi Listrik (Elektrostatik):** Partikel koloid seringkali bermuatan, baik positif maupun negatif. Interaksi elektrostatik antara muatan ini dapat menyebabkan partikel-partikel koloid saling menolak atau tertarik satu sama lain.
2. **Interaksi Van der Waals:** Ini adalah gaya-gaya yang bekerja antara semua molekul dan termasuk gaya dispersi London, gaya dipol-dipol, dan gaya dipol-induksi. Interaksi ini dapat memainkan peran dalam stabilitas koloid.
3. **Interaksi Sterik:** Kadang-kadang, partikel koloid dapat memiliki lapisan pelindung, seperti molekul-molekul polimer, yang mencegah partikel-partikel tersebut bersentuhan langsung. Ini dapat mencegah penggumpalan atau pengendapan partikel.
4. **Interaksi Hidrofobik:** Partikel-partikel koloid yang tidak bersifat polar dapat saling menolak dalam air. Mereka dapat membentuk koloid hidrofobik di mana molekul-molekul air membentuk lapisan di sekitar partikel untuk mencegah mereka berkumpul.

Interaksi ini memainkan peran kunci dalam membentuk dan mempertahankan stabilitas koloid. Pengertian dan pengendalian interaksi ini penting dalam berbagai aplikasi, termasuk industri farmasi, makanan, dan teknologi material.

Berikut adalah beberapa contoh interaksi koloid dalam kehidupan sehari-hari:

1. Susu

Contoh interaksi koloid yang umum adalah susu. Partikel lemak dalam susu membentuk dispersi koloid dalam air. Interaksi antara partikel lemak dan komponen air susu lainnya, seperti protein, memainkan peran dalam stabilitas dan sifat organoleptik (rasa dan aroma) susu.

2. Cat

Cat juga dapat dianggap sebagai koloid. Partikel pigmen atau partikel padat kecil lainnya terdispersi dalam medium cair (pelarut dan pengikat). Interaksi antara partikel-partikel ini dan pelarut menghasilkan cat yang dapat menempel pada permukaan.

3. Sabun

Sabun adalah contoh lain dari koloid. Molekul-molekul sabun memiliki ujung hidrofobik (yang menyukai lemak) dan ujung hidrofilik (yang menyukai air). Saat mencuci, sabun membentuk micelle di mana ujung hidrofobik menyatu dengan lemak dan kotoran, sementara ujung hidrofilik berada di luar, memungkinkan partikel-partikel ini terdispersi dalam air.

4. Krim dan Losion

Produk perawatan kulit seperti krim dan losion juga dapat dianggap sebagai koloid. Mereka biasanya mengandung partikel-partikel padat kecil atau molekul-molekul yang terdispersi dalam fase cair. Interaksi antara komponen ini dapat memberikan sifat-sifat khusus pada produk perawatan kulit.

5. Tinta

Tinta printer atau pena bola mengandung partikel-partikel warna yang terdispersi dalam pelarut atau medium lainnya. Interaksi antara partikel warna dan mediumnya memainkan peran penting dalam membentuk tinta yang dapat menempel pada kertas atau permukaan lainnya.

Contoh-contoh ini mencerminkan berbagai aplikasi interaksi koloid dalam produk sehari-hari, menunjukkan pentingnya pemahaman tentang koloid dalam berbagai industri dan kehidupan sehari-hari.

6.6.1 Antarmuka Cair-Gas dan Cair-Cair

Interaksi antarmuka antara cair-gas dan cair-cair mencakup peristiwa yang terjadi pada batas antara fase cair dan fase gas atau antara dua fase cair yang berbeda. Interaksi ini memengaruhi sifat fisik dan kimia dari antarmuka tersebut. Beberapa contoh interaksi antarmuka ini melibatkan fenomena seperti tegangan permukaan, dispersi, dan adsorpsi.

1. Tegangan Permukaan (*Surface Tension*)

Tegangan permukaan adalah kecenderungan suatu cairan untuk menyusun dirinya sendiri menjadi bentuk dengan luas permukaan minimal. Ini disebabkan oleh gaya kohesi antara molekul-molekul cairan. Ketika cairan bertemu dengan fase gas atau cairan lain, tegangan permukaan menjadi faktor penentu dalam menentukan bentuk dan perilaku dari antarmuka tersebut.

2. Adsorpsi pada Antarmuka Cair-Gas

Molekul-molekul gas dapat teradsorpsi pada permukaan cairan, terutama jika molekul-molekul tersebut bersifat polar atau dapat membentuk gaya van der Waals dengan molekul cairan. Adsorpsi ini dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia antarmuka serta dapat memainkan peran dalam reaksi kimia yang melibatkan antarmuka cair-gas.

3. Pemecahan (Emulsifikasi) Cair-Cair

Pemecahan cair-cair atau emulsifikasi terjadi ketika dua cairan yang tidak saling bercampur (seperti minyak dan air) membentuk sistem dispersi di mana satu cairan tersebar sebagai tetesan kecil di dalam cairan lainnya. Interaksi antarmuka antara fase cair ini dapat dipengaruhi oleh surfaktan atau emulgator untuk memfasilitasi pembentukan dan stabilisasi emulsi.

4. Adsorpsi pada Antarmuka Cair-Cair

Molekul-molekul dari satu fase cair dapat teradsorpsi pada permukaan fase cair lainnya. Misalnya, surfaktan atau zat tambahan kimia tertentu dapat menstabilkan antarmuka dan mencegah koalesensi tetesan cairan.

5. Pergeseran Fase dan Pengembangan Permukaan Cair-Gas

Pergeseran fase, seperti evaporasi atau kondensasi, dan pengembangan permukaan antarmuka cair-gas melibatkan perubahan jumlah dan distribusi molekul di antarmuka. Ini dapat dipengaruhi oleh suhu, tekanan, dan komposisi kimia dari fase cair dan gas.

Interaksi antarmuka antara fase cair dan fase gas, atau antara dua fase cair, memiliki dampak yang signifikan pada berbagai proses, termasuk dalam konteks pengolahan makanan, produksi farmasi, dan proses industri lainnya. Pemahaman yang mendalam tentang interaksi ini memungkinkan pengendalian dan perbaikan proses serta pengembangan produk yang lebih efisien.

6.6.2 Antarmuka Padat-Cair

Interaksi antarmuka padat-cair terjadi pada batas antara suatu bahan padat dan cairan yang bersentuhan dengannya. Fenomena ini memiliki dampak besar dalam berbagai bidang, termasuk kimia, fisika, dan teknik material. Beberapa aspek interaksi antarmuka padat-cair mencakup:

1. *Wettability* (Kemampuan Basah)

Wettability menggambarkan sejauh mana suatu cairan dapat menyebar di atas permukaan padat. Faktor ini dipengaruhi oleh interaksi antara molekul cairan dan molekul padat. Untuk mengukur *wettability*, kita sering menggunakan sudut kontak, yaitu sudut antara permukaan cairan dan permukaan padat.

2. Adsorpsi dan Desorpsi

Molekul-molekul cairan dapat adsorpsi pada permukaan padat, dan sebaliknya, molekul yang telah diadsorpsi dapat

mengalami desorpsi. Interaksi ini dapat memengaruhi sifat-sifat permukaan dan dapat berdampak pada respons permukaan terhadap lingkungan sekitarnya.

3. Pembentukan Film Cair

Interaksi antara molekul-molekul cairan dan permukaan padat dapat menyebabkan pembentukan film cair pada permukaan padat. Fenomena ini dapat terjadi karena gaya van der Waals, gaya elektrostatik, atau gaya kimia khusus antara molekul-molekul tersebut.

4. Korosi dan Perlindungan Korosi

Pada konteks material padat, interaksi dengan cairan dapat mempengaruhi tingkat korosi. Bahan padat dapat berinteraksi dengan zat cair, dan interaksi ini bisa merusak atau melindungi permukaan tergantung pada sifat-sifat bahan tersebut.

5. Adsorpsi Zat Tertentu

Interaksi permukaan padat-cair juga terkait dengan adsorpsi zat tertentu pada permukaan padat. Misalnya, pada bidang biokimia, protein atau molekul biologis lainnya dapat menempel pada permukaan padat dan berinteraksi dengan cairan sekitarnya.

6. Respons Dinamis Terhadap Perubahan Lingkungan

Perubahan dalam kondisi lingkungan, seperti suhu atau tekanan, dapat memengaruhi interaksi antarmuka padat-cair. Ini dapat mencakup perubahan sifat fisik permukaan atau perubahan tingkat adsorpsi.

Pemahaman yang baik tentang interaksi antarmuka padat-cair penting dalam berbagai aplikasi, termasuk desain material, pengembangan teknologi permukaan, dan pemahaman proses-proses seperti basah, penyebaran, dan reaksi kimia pada permukaan padat. Studi ini memiliki implikasi yang luas dalam pengembangan material, rekayasa permukaan, dan pengolahan bahan.

6.6.3 Antarmuka Padat-Gas

Antarmuka padat-gas merujuk pada area di mana permukaan suatu bahan padat bertemu dengan fase gas di sekitarnya. Interaksi di antarmuka ini memainkan peran penting dalam berbagai konteks, seperti dalam sifat-sifat permukaan material, adsorpsi gas, dan reaksi kimia yang melibatkan gas. Berikut adalah beberapa aspek interaksi antarmuka padat-gas:

1. Adsorpsi Gas

Molekul-molekul gas dapat menempel atau "adsorpsi" pada permukaan padat. Interaksi ini terjadi melalui berbagai gaya, termasuk gaya van der Waals dan interaksi elektrostatik. Proses ini dapat mempengaruhi sifat-sifat permukaan dan dapat dimanfaatkan dalam penyimpanan gas atau sensor gas.

2. Adsorpsi Molekul Khusus

Beberapa bahan padat memiliki afinitas khusus terhadap molekul-molekul tertentu. Sebagai contoh, karbon aktif sangat baik dalam menyerap molekul gas karena struktur pori-porinya yang besar.

3. Penyebaran Gas

Penyebaran gas pada permukaan padat, atau penyebaran gas di atas permukaan padat, terkait erat dengan konsep wettability pada antarmuka padat-cair. Sejauh mana gas menyebar atau "melekat" pada permukaan padat dapat mempengaruhi reaktivitas dan daya serap gas tersebut.

4. Desorpsi Gas

Proses desorpsi terjadi ketika molekul gas yang telah diadsorpsi pada permukaan padat dilepaskan kembali ke fase gas. Ini dapat terjadi pada kondisi suhu dan tekanan tertentu atau sebagai respons terhadap perubahan lingkungan.

5. Reaksi Kimia pada Permukaan Padat

Beberapa reaksi kimia yang melibatkan gas dapat terjadi pada permukaan padat. Katalisis padat, di mana bahan padat bertindak sebagai katalis untuk reaksi kimia gas, adalah salah satu contoh penting dari interaksi antarmuka padat-gas.

6. Pengaruh Suhu dan Tekanan

Suhu dan tekanan memengaruhi interaksi antarmuka padat-gas. Perubahan suhu atau tekanan dapat mempengaruhi tingkat adsorpsi, desorpsi, dan reaktivitas pada permukaan padat.

7. Aplikasi dalam Penyimpanan Gas

Konsep antarmuka padat-gas dimanfaatkan dalam penyimpanan gas. Material padat dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi dapat digunakan untuk menyimpan dan melepaskan gas, seperti dalam sistem penyerapan gas.

8. Korosi dan Perlindungan Korosi

Interaksi antarmuka padat-gas juga dapat mempengaruhi tingkat korosi pada bahan padat. Gas yang bersentuhan dengan permukaan padat dapat memicu reaksi kimia yang dapat merusak atau melindungi bahan tersebut tergantung pada sifat-sifat kimianya.

Pemahaman mendalam tentang interaksi antarmuka padat-gas memiliki aplikasi luas dalam pengembangan material, katalisis, penyimpanan energi, dan berbagai bidang teknologi lainnya. Penelitian di area ini terus berlanjut untuk meningkatkan pemahaman dan mengoptimalkan pemanfaatan interaksi ini dalam berbagai aplikasi.

6.7 Kestabilan Koloid

Kestabilan dispersi koloid sangat penting dipelajari, kestabilan ditentukan oleh bagaimana terjadinya interaksi antara partikel-partikel. Penggabungan partikel-partikel koloid dinamakan juga proses agregasi, agregasi dapat dilakukan dengan penambahan koagulan, hal ini sangat penting di bidang pertanian, pengolahan air minum, dan lain-lain. Penambahan sedikit elektrolit (koagulan) menyebabkan partikel koloid akan terkoagulasi. Konsentrasi elektrolit yang hanya cukup untuk mengkoagulasi koloid sampai kadar dan waktu tertentu dinamakan konsentrasi koagulasi kritik (kkk). Pada praktiknya konsentrasi koagulasi tidak tergantung pada sifat spesifik berbagai ion, muatan co-ion, dan konsentrasi koloid

tetapi hanya sedikit tergantung pada jenis ion, hal ini dinamakan aturan *Schulze-Hardy*.

6.7.1 Penstabil koloid

1. Larutan makromolekul distabilkan oleh gabungan interaksi lapis rangkap listrik dan solvasi.
2. Dispersi yang mengandung zat penstabil. Kestabilan sol liofobik dapat ditingkatkan dengan penambahan zat liofilik yang akan teradsorpsi pada permukaan partikel
3. Efek pada interaksi lapis rangkap listrik dan van der Waals.
Fungsinya:
 - a. Bidang Stern akan menjauhi permukaan
 - b. Penolakan lapis rangkap listrik bertambah
 - c. Tetapan Hamaker berkurang
 - d. Gaya tarik Van der Waals antar partikel melemah sehingga
 - e. koloid stabil.
4. Stabilisasi sterik; stabilisasi yang melibatkan makro molekul yang teradsorpsi pada partikel koloid.
Mekanisme:
 - a. Oleh karena proses adsorpsi ΔG negatif (spontan) dan desorpsi ΔG positif sehingga koloid stabil. Walaupun proses adsorpsi dan desorpsi lebih lambat dari waktu bertemunya partikel-partikel, tetapi kemungkinan koagulasi kecil.
 - b. ΔS berkurang dan ΔG bertambah, koloid stabil
 - c. Lapisan teradsorpsi antara partikel-partikel dapat saling berpenetrasi sehingga menambah konsentrasi polimer yang teradsorpsi, koloid stabil.

6.7.2 Muatan permukaan koloid

1. Ionisasi
Misal: protein mengalami ionisasi menghasilkan ion COO^- dan NH_3^+ tergantung pH, pada pH rendah protein bermuatan + dan pada pH tinggi protein bermuatan negatif. Protein tidak bermuatan pada titik Isoelektrik.

2. Adsorpsi ion

Adsorpsi ion dapat melibatkan konsentrasi lebih permukaan positif atau negatif. Permukaan koloid dalam medium air akan bermuatan negatif karena menyerap anion, kation lebih terhidrat, misalnya tetesan minyak hidrokarbon dan gelembung udara.

3. Pelarutan ion

Misalnya AgI akan bermuatan negatif bila dilarutkan dalam berlebih.

6.8 Aplikasi Koloid:

1. Dalam dunia Industri: Cat, tinta, dan bahan-bahan pelapis.
2. Kesehatan: Obat-obatan koloid, seperti suspensi.
3. Pangan: Bahan pengental, seperti agar-agar, dan bahan pewarna.
4. Nanoteknologi: Pengembangan material dan aplikasi baru dengan memanfaatkan sifat unik partikel koloid.
5. Lingkungan: Penggunaan koloid dalam pemulihan dan pengolahan air limbah.
6. Penelitian lebih lanjut tentang koloid membuka pintu untuk aplikasi baru dan pemahaman yang lebih dalam tentang sifat-sifat materi di tingkat nanometer.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnelli, & Astuti, Y. 2019. Kimia Koloid dan Permukaan. Yogyakarta: Deepublish.
- Brady, James. 1990. General Chemistry Principle & Structure 5th Edition, John Wiley & Sons, New York, 705.
- Danks, A., Hall, S. dan Schnepf, Z.. 2016. The Evolution of „Sol-Gel“ chemistry as a Technique for Materials Synthesis. Materials Horizons 3(2): 91-112.
- Emriadi. 2006. Kimia Koloid dan Permukaan, Universitas Andalas, Padang.
- Jiang, Z. dan Wang, Y., 2015. Preparation of Porous Bismuth Oxide by Sol-Gel Method Using Citric Acid. Material Science and Environmental Engineering: Proceedings of the 3rd Annual 2015 International Conference on Material Science and Environmental Engineering (ICMSEE2015, Wuhan, Hubei, China, 5-6 June 2015). CRC Press.
- Kumar, A., Yadav, N., Bhatt, M., Mishra, N. K., Chaudhary, P. dan Singh, R. 2015. Sol-Gel Derived Nanomaterials and Its Applications: A Review. Research Journal of Chemical Sciences ISSN 2231: 606X.
- Rosen J.M. 2004. Surfactant and Interfacial Phenomena, John Wiley & Sons, New York.
- Shaw, D.J. 1992. Introduction to colloid and surface chemistry., Elsevier Science Ltd.: Oxford UK.
- Thomas scientific, Tensiometer Du Nouy, https://www.thomassci.com/Instruments/Tensiometers/_/TENSIO-METER-DU-NOUY, diakses pada tanggal 2 Mei 2019

BAB 7

KIMIA AIR

Oleh Ayusti Dirga

7.1 Pendahuluan

Sumber daya alam yang penting bagi kehidupan banyak orang dan mungkin keberadaan seluruh makhluk hidup adalah air. Air merupakan komponen penting bagi semua makhluk hidup dan tidak dapat digantikan oleh zat lain. Air mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap penampilan, tekstur, dan rasa makanan, menjadikannya bahan penting dalam olahan kuliner.

Bahkan makanan yang tampaknya kering seperti biji-bijian, gandum, dan buah kering pun mengandung air. Oleh karena itu, sumber daya air harus dilestarikan agar manusia dan makhluk hidup lainnya dapat terus memanfaatkannya secara wajar. Perlu tersedia pasokan air yang cukup, aman, dan mudah diakses. Karena semua penggunaan air untuk alasan yang berbeda-beda harus dilakukan secara bertanggung jawab, dengan tetap memperhatikan kebutuhan generasi saat ini dan masa depan. Semua kegiatan yang berhubungan dengan air harus menggabungkan gagasan penghematan dan konservasi sumber daya air untuk meningkatkan akses terhadap air minum, yang akan memberikan dampak positif yang besar terhadap kesehatan. Melakukan segala upaya untuk memastikan kualitas air minum seaman mungkin sangatlah penting.

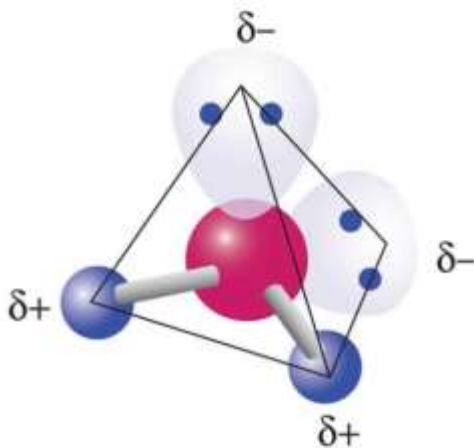
Karena air sangat penting bagi semua kehidupan, air merupakan sumber daya alam paling berharga di bumi. Dua pertiga permukaan bumi terdiri dari air sehingga memungkinkan untuk mengamati salah satu fenomena tersebut. Faktanya, air membentuk antara 60% dan 70% komponen tubuh manusia.

Air merupakan kebutuhan penting bagi manusia dan lingkungan. Manusia tidak dapat hidup tanpa air, tanpa air lingkungan menjadi tidak rapi dan tidak nyaman. Air digambarkan sebagai cairan transparan, tidak berasa, dan tidak berbau yang

penting bagi semua kehidupan—tumbuhan, hewan, dan manusia—dan terutama terdiri dari atom oksigen dan hidrogen.

7.2 Struktur Molekul Air

Molekul air direpresentasikan berbentuk tetrahedron sama sisi (piramida segitiga bersisi empat), dengan oksigen di tengah dan ion hidrogen di kedua sudutnya. Daerah antara oksigen dan masing-masing ion hidrogen ditempati oleh sepasang elektron, satu disumbangkan oleh hidrogen dan satu lagi oleh oksigen. Karena atom oksigen mempunyai enam elektron pada kulit terluarnya, susunan ini menyisakan empat elektron yang tidak digunakan bersama, yang menempati orbital yang mengarah ke dua sudut tetrahedron lainnya (dua elektron dalam setiap orbital). Strukturnya ditunjukkan secara skematis pada Gambar 7.1.

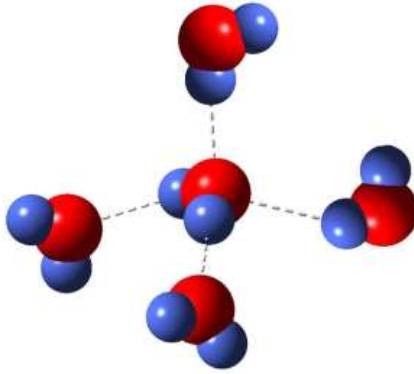


Gambar 7.1 .Representasi skema struktur molekul air dan distribusi muatan di sekitarnya.
(Sumber : Benjamin, 2015)

Meskipun elektron-elektron yang membentuk ikatan hidrogen-oksigen digunakan bersama oleh kedua atom, elektron-elektron tersebut tidak terbagi secara merata: oksigen lebih menarik elektron daripada hidrogen. Akibatnya, meskipun molekul air secara keseluruhan netral secara kelistrikan (yaitu, bukan ion),

mereka mempunyai wilayah lokal dengan muatan terbatas. Secara khusus, muatan positif sekitar 0,24 esu (satuan elektrostatis, muatan pada satu elektron) berada di dekat setiap atom hidrogen, dan muatan negatif sekitar 0,48 esu berada di sisi oksigen yang berlawanan dengan atom hidrogen. Karena distribusi muatan yang asimetris ini, molekul tersebut disebut polar.

Atom hidrogen hanya memiliki satu elektron dan satu proton. Karena elektron tunggal tersebut biasanya berada di antara atom H dan O dalam molekul air, dari sudut pandang larutan lainnya, setiap ion hidrogen terlihat hampir seperti proton kosong. Ketiadaan elektron lain yang berasosiasi dengan hidrogen memungkinkan molekul lain untuk mendekati proton yang “tidak terlindungi” dengan cukup dekat, bahkan lebih dekat daripada jarak mereka mendekati inti atom bermuatan positif lainnya. Kedekatan pendekatan ini memungkinkan terbentuknya ikatan elektrostatis yang luar biasa kuat antara proton dan bagian molekul lain yang bermuatan negatif. Ikatan semacam ini, yang disebut ikatan hidrogen, sangat penting dalam larutan air, karena ikatan tersebut dapat terbentuk antara ion hidrogen yang miskin elektron pada satu molekul air dan bagian lain yang kaya elektron (yaitu orbital dengan elektron yang tidak terbagi). Hasilnya, setiap molekul air dapat berikatan dengan molekul air lainnya sebanyak empat ikatan hidrogen (Gambar 7.2). Keempat ikatan tersebut terbentuk dalam es; bukti eksperimental menunjukkan bahwa dalam air cair, setiap molekul rata-rata terikat hidrogen pada tiga molekul lainnya setiap saat. Ikatan ini menyebabkan air menjadi lebih kohesif dibandingkan cairan lainnya dan mempengaruhi perilaku fisik dan kimia air dalam banyak cara penting lainnya.



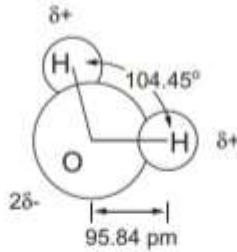
Gambar 7.2. Ikatan Hidrogen Molekul Air
(Sumber : Benjamin, 2015)

7.3 Sifat-Sifat Air

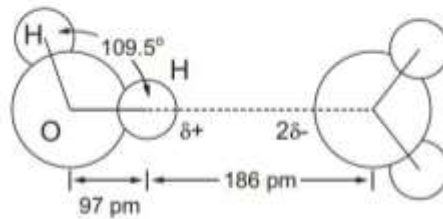
7.3.1 Sifat Fisika Air

Air adalah cairan yang tidak berwarna dan tidak berasa. Molekul air memiliki ikatan hidrogen yang luas sehingga menghasilkan sifat yang tidak biasa dalam bentuk terkondensasi. Hal ini juga menyebabkan titik leleh dan titik didih yang tinggi. Dibandingkan dengan cairan lain, air memiliki panas spesifik, konduktivitas termal, tegangan permukaan, momen dipol, dan lain-lain yang lebih tinggi. Sifat-sifat ini menjadi alasan pentingnya air dalam biosfer. Air adalah pelarut yang sangat baik dan oleh karena itu membantu dalam pengangkutan ion dan molekul yang diperlukan untuk metabolisme. Ia memiliki panas laten penguapan yang tinggi yang membantu dalam pengaturan suhu tubuh.

Air adalah zat yang sangat reaktif dan pelarut yang sangat efektif. Air memiliki konstanta dielektrik tinggi, yang merupakan ukuran kemampuan pelarut untuk mengatasi gaya tarik-menarik antara kation terlarut dan anion. Konstanta dielektrik juga dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melawan tarikan listrik antara ion-ion yang muatannya berlawanan.



Molekul air terisolasi



Molekul air dalam larutan

Gambar 7.3. Ciri-ciri fisik molekul air terisolasi dan dua molekul air yang dihubungkan melalui ikatan hidrogen. δ^+ dan $2\delta^-$ mewakili muatan parsial positif dan negatif pada proton dan oksigen, $\delta \approx 0,42$ (Sumber : Essington, 2005)

Konstanta dielektrik yang relatif tinggi merupakan sifat unik air yang merupakan hasil dari konfigurasi molekul nonlinier (Gambar 7.3). Dalam isolasi (bentuk gas), sudut antara dua proton dalam molekul air adalah $104,45^\circ$, dan panjang ikatan O-H adalah 95,84 pm. Dalam cairan, sudut antara dua proton dalam molekul air dilaporkan berkisar antara $104,52$ hingga $109,5^\circ$, dan panjang ikatan O-H berkisar antara 95,7 hingga 100 pm. Penyimpangan konfigurasi molekul ini (dalam cairan relatif terhadap isolasi) disebabkan oleh sifat perekat molekul air. Di dalam molekul air, ikatan H-O kira-kira 61% bersifat kovalen. Oksigen sangat elektronegatif dibandingkan proton dan menarik elektron dari atom hidrogen. Pembagian elektron yang tidak seimbang antara O dan H menghasilkan muatan parsial negatif pada oksigen dan muatan positif parsial pada proton. Selain itu, oksigen memiliki persediaan elektron yang lebih besar daripada hidrogen, sehingga semakin meningkatkan muatan parsial oksigen dan hidrogen. Karena H_2O

adalah molekul netral, muatan parsial oksigen harus seimbang dengan muatan parsial dua atom hidrogen. Jika δ digunakan untuk menyatakan muatan parsial, maka muatan δ^+ pada setiap atom hidrogen harus seimbang dengan muatan $2\delta^-$ pada atom oksigen. Untuk molekul air, δ dilaporkan berkisar antara 0,241 hingga 0,520, bergantung pada model molekul yang digunakan untuk mendeskripsikan air. Model molekuler yang umum digunakan memperkirakan δ berkisar antara 0,41 hingga 0,4238.

7.3.2 Sifat Kimia Air

Kebanyakan molekul air memiliki berat molekul 18. Namun, karena hidrogen dan oksigen masing-masing memiliki 3 isotop, ada 18 kemungkinan berat molekul untuk air. Dalam molekul air, kedua atom hidrogen terletak di sisi yang sama dengan atom oksigen; ikatannya dengan atom oksigen berjarak 105° . Atom hidrogen membawa muatan positif sedangkan atom oksigen bermuatan negatif. Karena pembagian biaya ini, H_2O adalah molekul yang sangat dipolar. Dipol molekul air saling tarik menarik dan membentuk agregat melalui ikatan yang dikenal sebagai "ikatan hidrogen". Diperkirakan bahwa agregat dalam air pada suhu kamar dapat mencapai ukuran hingga sekitar 100 molekul H_2O .

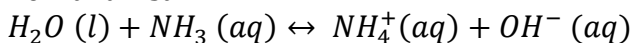
Air bereaksi dengan banyak zat membentuk senyawa berbeda. Beberapa reaksi penting adalah sebagai berikut:

1. Sifat amfoter

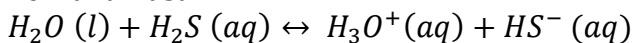
Air dapat bersifat asam dan basa, yang berarti bersifat amfoter.

Contoh:

Perilaku Asam :

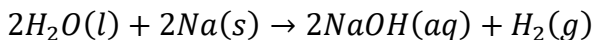


Perilaku Basa :



2. Reaksi redoks:

Unsur elektropositif mereduksi air menjadi molekul hidrogen. Jadi, air adalah sumber hidrogen yang bagus. Mari kita lihat contoh dalam kasus ini:



Selama proses fotosintesis, air dioksidasi menjadi O_2 . Karena air dapat dioksidasi dan direduksi, air sangat berguna dalam reaksi redoks.

Tabel 7.1. Sifat Fisika dan Kimia Air

Sifat-Sifat air	
Rumus kimia	H_2O
Massa molar	18,01528(33) g/mol
Bau	Tidak ada
Densitas	Padat : 0,9167 g/ml pada 0 °C Cairan : 0,961893 g/mL pada 95 °C 0,9970474 g/mL pada 25 °C 0,9998396 g/mL pada 0 °C
Titik didih	99,98 °C (211,96 °F; 373,13 K)
Titik leleh	0,00 °C (32,00 °F; 273,15 K)
Kelarutan	Kurang larut dalam hidrokarbon alifatik dan aromatik, dan Eter. Peningkatan kelarutan dalam amina, keton, alkohol, karboksilat. Dapat larut dengan asetonitril, dimetil sulfoksida, dimetoksietana, dimetilformamida, asetaldehida, sulfonat, tetrahidrofuran, 1,4-dioksan, gliserol, aseton, isopropanol, propanol, etanol, metanol. Dapat bercampur sebagian dengan Bromin, Etil Asetat, Dietil eter, Diklorometana.
Asiditas (pKa)	13.995
Tekanan uap	3,1690 kilopascal atau 0,031276 atm
Kebasaan (pKb)	13.995
Indeks bias (nD)	1,3330 (20°C)
Konduktivitas termal	0,6065 W/m·K
Viskositas	0,890 cP

Struktur air	
Struktur kristal	Heksagonal
Bentuk molekul	Bengkok
Momen dipol	1,8546 D
Thermokimia	
Kapasitas kalor jenis (C)	75,375 ± 0,05 J/mol·K
Entalpi pembentukan std ($\Delta_f H^\circ_{298}$)	-285,83 ± 0,040 kJ/mol
Entropi molar std (S°_{298})	69,95 ± 0,03 J/mol·K
Energi bebas Gibbs ($\Delta_f G^\circ$)	-237,24 kJ/mol

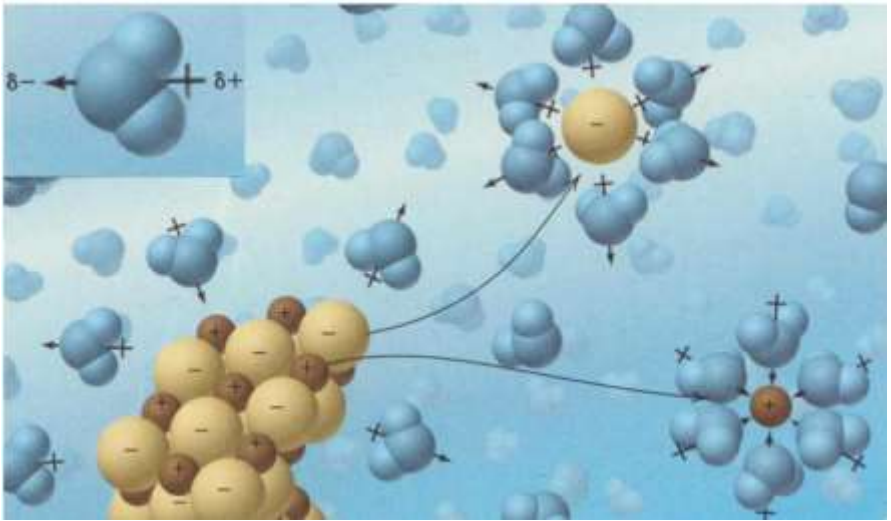
7.4 Larutan dalam Air

Perpindahan zat apa pun ke dalam atau ke luar larutan mengubah distribusi energi di kedua lingkungan. Misalnya, ketika zat murni A memasuki larutan, ikatan hidrogen di antara molekul-molekul air putus ketika molekul-molekul tersebut disusun ulang untuk menciptakan “lubang” bagi zat terlarut untuk masuk. Ikatan yang menghubungkan molekul A satu sama lain sebelum pelarutan juga putus, dan ikatan A-ke-H₂O terbentuk. Secara umum, larutan yang akan kita dapatkan cukup encer sehingga molekul A tersebar luas dalam larutan, dan ikatan A-ke-A dapat diabaikan.

Kecenderungan molekul A untuk larut ditingkatkan dengan pembentukan ikatan A-ke-H₂O yang kuat dan berkurang dengan kuatnya ikatan A-ke-A pada A yang “tidak larut” (yaitu A padat atau cair). Oleh karena itu, jika faktor-faktor lain dianggap sama, kekuatan relatif ikatan A-ke-A dan A-ke-H₂O dapat memberikan indikasi yang baik mengenai kelarutan molekul A. Molekul yang pelarutannya menguntungkan disebut hidrofilik (menyukai air), dan yang pelarutannya tidak baik disebut hidrofobik (takut air). Namun perlu diperhatikan bahwa istilah-istilah ini bersifat kualitatif, sehingga molekul yang sama mungkin dianggap hidrofilik dalam satu konteks dan hidrofobik dalam konteks lain, tergantung pada apa yang dibandingkan dan apa yang dianggap sebagai jumlah

disolusi yang menguntungkan dalam konteks spesifik yang diinginkan.

Muatan pada ion terlarut cenderung mengarahkan molekul air di sekitarnya untuk memaksimalkan interaksi listrik yang menguntungkan (+ hingga -) (Gambar 7.4). Namun, orientasi terstruktur yang didorong oleh interaksi ini ditentang oleh pengaruh acak gerakan termal, sehingga molekul air tidak membeku di tempatnya, dan beberapa interaksi sementara yang tidak menguntungkan (+ ke +, atau - ke -) mungkin terjadi. Namun demikian, pada saat tertentu, interaksi elektrostatis yang menguntungkan jauh lebih banyak daripada interaksi yang tidak menguntungkan. Interaksi ini menstabilkan ion terlarut secara signifikan, menjadikan semua ion bersifat hidrofilik, dan memungkinkan konsentrasi ion yang besar terdapat dalam larutan.



Gambar 7.4. Kecenderungan molekul air untuk mengorientasikan dirinya di sekitar ion (pengelompokan di sisi kanan gambar) memfasilitasi pelarutan partikel garam (pengelompokan di sisi kiri bawah). (Sumber : Benjamin, 2015)

Daerah bermuatan pada zat terlarut polar dapat mengorientasikan molekul air di sekitarnya dengan cara yang sama seperti ion, namun kekuatan gaya orientasinya lebih rendah.

Akibatnya, molekul polar biasanya kurang larut dibandingkan ion, dan kelarutannya umumnya meningkat seiring dengan meningkatnya polaritas. Sebaliknya, molekul nonpolar biasanya hanya berinteraksi lemah dengan molekul air dan memiliki kelarutan yang rendah. Dua zat terlarut netral yang umumnya terdapat di perairan lingkungan pada konsentrasi yang sebanding dengan zat terlarut ionik adalah asam karbonat (H_2CO_3) dan asam silikat ($\text{H}_{2x}\text{SiO}_{2+x}$).

7.5 Kualitas Air

Pengalaman menunjukkan bahwa banyak faktor berbeda yang harus dipertimbangkan sebelum memberikan komentar mengenai kualitas air. Oleh karena itu, konsentrasi zat anorganik dan organik yang terlarut dalam suatu perairan serta variasi spasial dan temporalnya perlu dipantau. Latihan ini harus mencakup tidak hanya konstituen utama yang terlarut, tetapi juga yang kecil seperti logam berat, deterjen, pestisida dll.

Survei Geologi Amerika Serikat telah mengklasifikasikan perairan yvang berbeda berdasarkan kandungan Total Padatan Terlarut (TDS) seperti pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2. Kualitas Air dan Total Padatan Tersuspensi

Kualitas Air	TDS (mg/l)
Alami	Kurang dari 1.000
Sedikit asin	1.000 – 3.000
Cukup asin	3.000 – 10.000
Sangat asin	10.000 – 35.000
Air laut	Lebih dari 35.000

(Sumber : Venkateswarlu, 1996)

Hal mendasari hubungan secara kimiawi antara pH, alkalinitas, kekerasan, rasio natrium (Na) dengan kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dan lainnya, menentukan kapasitas buffering, pembentukan endapan dan sifat korosif air. Variasi musiman dalam kualitas beberapa air permukaan bisa jadi cukup besar sehingga membuat penggunaan air tersebut menjadi lebih bermasalah. Kategori ini meliputi lumpur dan padatan tersuspensi, selain garam

terlarut, Kandungan bakteri, khususnya keberadaan patogen, kapasitas pemurnian air dan pembentukan struktur air juga dapat menentukan kualitas air itu sendiri.

Pada Tabel 7.3, Survei Geologi Amerika Serikat telah melaporkan konsentrasi yang signifikan terhadap beberapa bahan kimia yang ada di perairan alami. Di atas jumlah yang dilaporkan dapat menyebabkan efek yang tidak diinginkan.

Tabel 7.3. Konsentrasi senyawa kimia dalam perairan alami

Senyawa Kimia	mg/l
Bikarbonat	150 – 200
Karbonat	
Kalsium	
Magnesium	25 – 50
Sodium	60 (irigasi) 20 – 120 (kesehatan)
Besi	Kurang dari 3
Mangan	Kurang dari 0,05
Klorida	250
Florida	0,7 – 1,2
Sulfat	300 – 400 (rasa) 600 – 1.000 (pencahar)

(Sumber : Venkateswarlu, 1996)

DAFTAR PUSTAKA

- Benjamin, M.M. 2015. *Water Chemistry 2nd Edition*. USA: Waveland Press Inc.
- Essington, M.E. 2005. *Soil and Water Chemistry An Integrative Approach*. USA: CRC Press.
- Manahan, S. E. 2006. *Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability*. USA: LibreTexts.
- Snoeyink, V.L. dan Jenkins, D. 1980. *Water Chemistry*. New York: John Wiley & Sons.
- Stumm, W. dan Morgan, J.J. 1996. *Aquatic Chemistry Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters 3rd*. New York: John Wiley & Sons.
- Tarigan, I.L. 2021. *Dasar-dasar Kimia Air, Makanan dan Minuman*. Malang: Media Nusa Creative.
- Venkateswarlu, K.S. 1996. *Water Chemistry Industrial and Power Station Water Treatment*. New Delhi: New Age International (P) Limited, Publishers.

BAB 8

KIMIA FARMASI

Oleh Khoirul Ngibad

8.1 Pendahuluan

Kimia farmasi memainkan peran penting dalam pengembangan dan pembuatan obat serta memiliki kontribusi yang signifikan terhadap industri kesehatan. Bidang ini mencakup studi bahan kimia yang digunakan dalam desain, sintesis, dan formulasi obat. Pentingnya obat ini dalam industri farmasi memiliki banyak aspek.

1. Penemuan dan pengembangan obat
Kimia farmasi merupakan faktor penting dalam penemuan dan pengembangan obat baru. Para peneliti menggunakan prinsip – prinsip kimia untuk merancang molekul dengan efek terapeutik yang diinginkan, sehingga mengoptimalkan kemanjuran dan keamanan kandidat obat (Holme, 2020).
2. Integrasi pendidikan farmasi
Pengetahuan tentang kimia farmasi merupakan bagian penting dari pendidikan farmasi. Hal ini memberikan apoteker pemahaman menyeluruh tentang komposisi kimia obat dan memungkinkan mereka mengambil keputusan mengenai perawatan pasien (EROĞLU, 2020).
3. Kimia obat dalam kurikulum
Dimasukkannya kimia obat dalam kurikulum farmasi mendorong pengembangan pendidikan farmasi. Hal ini menambah pengetahuan unik bagi apoteker, yang membedakannya dengan pemberi resep lainnya (Khan, Deimling and Philip, 2011)
4. Pengetahuan dasar
Pengantar kimia farmasi memberikan pengetahuan dasar tentang kimia farmasi. Pengetahuan ini sangat diperlukan bagi spesialis yang bekerja di bidang produksi farmasi dan pengendalian mutu (Cairns, 2012).

5. Pentingnya membangun keahlian
Peran kimia obat dalam pengembangan kurikulum farmasi sangatlah penting. Hal ini membantu apoteker mendapatkan keahlian dan membedakan keahlian mereka dari profesional kesehatan lainnya (Fernandes, 2018).
6. Peningkatan metode pengajaran
Memasukkan kimia farmasi ke dalam pendidikan melalui pemikiran sistem dan konteks yang beragam akan meningkatkan metode pengajaran. Hal ini menghubungkan pengetahuan dasar secara langsung dengan aplikasi dunia nyata dan dengan demikian dapat meningkatkan pemahaman (Holme, 2020).

Kimia farmasi merupakan landasan pengembangan, pengembangan dan pelatihan obat di industri farmasi, yang memberikan kontribusi besar bagi pembangunan sektor kesehatan.

8.2 Dasar - Dasar Kimia Farmasi

Kimia farmasi merupakan ilmu dasar yang berperan penting dalam penemuan, pengembangan, dan produksi obat. Inilah pertimbangan utamanya.

1. Kimia molekul obat
Memahami kimia dasar molekul obat adalah hal mendasar. Pengetahuan ini mencakup struktur, sifat dan reaktivitas senyawa yang menjadi dasar pengembangan dan sintesis obat (Cairns, 2012).
2. Praktek laboratorium
Penerapan praktis alat – alat dasar di laboratorium kimia penting dalam kimia obat. Hal ini mencakup pengalaman langsung dengan teknik dan alat yang biasa digunakan dalam pengembangan obat.
3. Prinsip kimia obat
Kimia farmasi mempelajari prinsip-prinsip kimia obat dan menekankan hubungan antara struktur obat dan sifat terapeutiknya. Pemahaman ini penting untuk merancang molekul dengan efek terapeutik yang optimal.

4. Prospek industri

Perspektif industri mengkaji peran kimia dalam industri farmasi. Hal ini mencakup diskusi mengenai penerapan ilmu kimia pada pengembangan obat dan gambaran umum industri farmasi (Kent, 2003).

8.3 Analisis Senyawa Obat

8.3.1 Analisis kualitatif

Analisis kualitatif senyawa obat melibatkan deteksi ada tidaknya zat tertentu. Teknik seperti spektrometri massa MALDI-TOF atau *matrix-assisted laser desorption/ionization* (MALDI) *coupled tandem time-of-flight* (TOF/TOF) *mass spectrometry* (MS) memfasilitasi keberhasilan analisis kualitatif dengan mengatasi masalah – masalah utama termasuk pemilihan dan persiapan sampel yang tepat (Kampen *et al.*, 2006).

MALDI dan ionisasi elektro spray (ESI) adalah dua teknik ionisasi yang paling banyak digunakan untuk analisis spektrometri massa senyawa biologis dan biomedis. Namun, hanya ESI yang umum digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif senyawa dengan berat molekul rendah (<1000 Da) seperti obat-obatan. Hal ini karena, berbeda dengan MALDI, ESI tidak memerlukan penambahan molekul matriks; molekul matriks tersebut dapat mengalami reaksi asosiasi yang menyebabkan puncak interferensi dalam rentang massa rendah. Meski demikian, MALDI menawarkan beberapa keunggulan spesifik dibandingkan ESI. Mungkin perbedaan paling penting dari MALDI adalah kemampuannya menghasilkan throughput sampel yang sangat tinggi dengan pemeliharaan instrumen yang minimal. Selain itu, MALDI kurang rentan terhadap penekanan ion. Karena alasan inilah MALDI muncul dalam bidang analisis molekul kecil dalam beberapa tahun terakhir (Kampen *et al.*, 2006).

Pada MALDI, ionisasi molekul analit dibantu oleh suatu senyawa, matriks, yang dapat diaktifkan dengan penyerapan energi laser. Sampel dan matriks dikristalisasi menjadi target fase padat, biasanya logam piring. Menggunakan laser berdenyut yang diarahkan ke sampel/kristal matriks, matriks teraktivasi dan molekul analit diuapkan dan dilepaskan ke dalam ruang hampa

sumber ion. Desorpsi molekul dari target fase padat dan transisi ke fase gas diikuti oleh ionisasi, biasanya transfer proton antara molekul analit dan matriks. Matriks yang diaktifkan dapat menjadi donor proton atau akseptor proton, menghasilkan ion analit bermuatan positif atau negatif (Kafka *et al.*, 2011).

8.3.2 Analisis kuantitatif

Analisis kuantitatif berfokus pada penentuan konsentrasi atau jumlah senyawa obat tertentu. Beberapa metode, seperti UPLC-Xevo, menggunakan senyawa referensi untuk kuantifikasi zat bioaktif secara akurat (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017). Algoritma *Principal Component Analysis* (PCA) dan k-Nearest Neighbor (KNN) meningkatkan identifikasi kuantitatif senyawa farmasi dengan membantu pemisahan dan penentuan konsentrasi (Ji *et al.*, 2021).

8.4 Metodologi dan Tekni

Metode analisis memegang peranan penting dalam analisis senyawa obat. Metodenya meliputi metode titrimetri, kromatografi, spektroskopi, elektroforesis, dan elektrokimia. Kromatografi gas digunakan, misalnya, untuk mengukur gula dalam sampel obat, yang menunjukkan keragaman metode yang digunakan dalam analisis senyawa obat (Kampen *et al.*, 2006).

8.4.1 Titrimetri

Ada banyak keuntungan yang terkait dengan metode ini termasuk menghemat waktu dan tenaga, presisi tinggi dan tidak perlu menggunakan standar referensi. Di masa lalu metode titrimetri telah digunakan untuk penentuan kaptopril, albendazole dan gabapentin dalam bentuk sediaan komersial. Sparfloxacin ditentukan dengan metode titrasi non-air. Selain penerapannya dalam estimasi obat, titrimetri telah digunakan di masa lalu untuk estimasi produk degradasi obat-obatan (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

8.4.2 Kromatografi

1. Kromatografi Lapis Tipis

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) adalah teknik yang populer untuk analisis berbagai macam bahan organik dan anorganik, karena keunggulan khasnya seperti pembersihan sampel yang minimal, pilihan fase gerak yang luas, fleksibilitas dalam pembedaan sampel, kapasitas pemuatan sampel yang tinggi, dan kapasitas pemuatan sampel yang rendah. biaya. KLT adalah alat yang ampuh untuk menyaring bahan yang tidak diketahui dalam obat curah. Hal ini memberikan tingkat pernyataan yang relatif tinggi bahwa semua kemungkinan komponen obat dipisahkan. Spesifisitas KLT yang tinggi telah dimanfaatkan untuk tujuan analisis kuantitatif menggunakan elusi titik yang diikuti dengan pengukuran spektrofotometri. TLC telah digunakan untuk penentuan beberapa steroid, pioglitazone, celecoxib dan noscapine. KLT memainkan peran penting dalam tahap awal pengembangan obat ketika informasi tentang pengotor dan produk degradasi dalam bahan obat dan produk obat tidak mencukupi. Berbagai pengotor obat-obatan telah diidentifikasi dan ditentukan menggunakan KLT (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

2. *High Performance Thin Layer Chromatography*

Dengan kemajuan teknik ini, *High Performance Thin Layer Chromatography* (HPTLC) muncul sebagai instrumen penting dalam analisis obat. HPTLC merupakan teknik pemisahan yang cepat dan cukup fleksibel untuk menganalisis berbagai macam sampel. Teknik ini menguntungkan dalam banyak hal karena mudah ditangani dan memerlukan waktu analisis yang singkat untuk menganalisis pembersihan sampel yang kompleks atau kasar. HPTLC mengevaluasi keseluruhan kromatogram dengan berbagai parameter tanpa batas waktu. Selain itu, terdapat pengembangan beberapa sampel dan standar secara simultan namun independen pada setiap pelat, sehingga menghasilkan peningkatan keandalan hasil. HPTLC telah digunakan untuk mengukur obat-obatan seperti etinil

estradiol dan siproteron, alfuzosin dan tramadol dan pentazocine (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

3. *High-performance liquid chromatography (HPLC)*

HPLC memberikan layanan utama dalam menjawab banyak pertanyaan yang diajukan oleh industri farmasi. Namun, keterbatasan HPLC mencakup harga kolom, pelarut dan kurangnya reproduktifitas jangka panjang karena sifat pengepakan kolom yang eksklusif. Kromatografi cair dikombinasikan dengan spektrometri massa (LC-MS) dianggap sebagai salah satu teknik paling penting pada dekade terakhir abad ke-20. Hal ini menjadi metode pilihan untuk dukungan analitis dalam banyak tahap pengendalian mutu dan jaminan dalam industri farmasi. Baru-baru ini HPLC-MS telah digunakan untuk pengujian obat. Sebagai tambahan penerapannya dalam menganalisis obat HPLC saja dan dengan teknik tanda hubung telah diterapkan untuk menganalisis pengotor obat-obatan dan produk degradasi (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

4. *Gas chromatography*

Gas chromatography (GC) telah digunakan untuk pengujian obat-obatan seperti isotretinoin, kokain dan digunakan dalam penentuan pelarut sisa dalam betametason valerat. Kromatografi gas juga merupakan alat penting untuk analisis pengotor obat-obatan. Dalam beberapa tahun terakhir GC telah diterapkan untuk memperkirakan proses pengotor yang terkait dengan obat-obatan, sisa pelarut yang terdaftar sebagai pengotor oleh Konferensi Harmonisasi Internasional dianalisis oleh GC menggunakan berbagai detektor (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

8.4.3 Spektroskopi

1. Spektrofotometri

Kelompok metode penting lainnya yang mendapat tempat penting dalam farmakope adalah metode spektrofotometri berdasarkan penyerapan UV alami dan reaksi kimia. Spektrofotometri adalah pengukuran kuantitatif sifat

refleksi atau transmisi suatu material sebagai fungsi panjang gelombang. Keuntungan dari metode ini adalah waktu dan tenaga kerja yang rendah. Ketepatan metode ini juga sangat baik. Penggunaan spektrofotometri UV-Vis khususnya yang diterapkan dalam analisis bentuk sediaan farmasi telah meningkat pesat selama beberapa tahun terakhir (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

2. *Near infrared spectroscopy (NIRS)*

Near infrared spectroscopy (NIRS) adalah prosedur cepat dan non-destruktif yang menyediakan analisis multikomponen pada hampir semua matriks. Dalam beberapa tahun terakhir, spektroskopi NIR telah mendapatkan apresiasi luas dalam industri farmasi untuk pengujian bahan mentah, pengendalian kualitas produk, dan pemantauan proses. Meningkatnya minat farmasi terhadap spektroskopi NIR mungkin merupakan konsekuensi langsung dari keunggulan utamanya dibandingkan teknik analisis lainnya, yaitu, persiapan sampel yang mudah tanpa perlakuan awal, kemungkinan pemisahan posisi pengukuran sampel dengan menggunakan serat optik. probe, dan ekspektasi parameter sampel kimia dan fisik dari satu spektrum tunggal (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

3. Fluorimetri dan fosforimetri

Industri farmasi terus mencari teknik analisis sensitif dengan menggunakan sampel mikro. Spektrometri fluoresensi adalah salah satu teknik yang memiliki sensitivitas tinggi tanpa kehilangan spesifisitas atau presisi. Peningkatan bertahap dalam jumlah artikel tentang penerapan fluorimetri dan fosforimetri dalam analisis kuantitatif berbagai obat dalam bentuk sediaan dan cairan biologis telah diperhatikan di masa lalu (Siddiqui, AlOthman and Rahman, 2017).

2.4 Kimia Medisinal Organik (1 halaman).

8.5 Kimia Medisinal Organik

Kimia organik memainkan peran penting dalam pengembangan obat dan memberikan kontribusi signifikan terhadap proses kompleks dalam penemuan dan pengembangan senyawa farmasi baru. Aspek-aspek utama menyoroti pentingnya hal ini antara lain:

1. Desain Molekuler

Kimia organik memfasilitasi desain molekul obat dengan struktur spesifik yang berinteraksi dengan target biologis. Hal ini memerlukan pemahaman tentang hubungan struktur-aktivitas atau *structure-activity relationships* (SAR) dan penggunaan strategi sintetik untuk menghasilkan entitas kimia yang berbeda untuk pengujian (Rotella, 2016).

2. Kimia Obat

Sintesis calon obat potensial termasuk dalam bidang kimia obat yang merupakan subilmu kimia organik. Ahli kimia obat mengoptimalkan *lead compound* untuk mencapai sifat farmakologis yang diinginkan dan meminimalkan efek samping (Silverman and Holladay, 2014).

3. Prinsip pengembangan obat

Memahami prinsip-prinsip pengembangan obat memerlukan pertimbangan faktor-faktor seperti bioavailabilitas, stabilitas metabolik, dan spesifisitas target. Kimia organik memandu modifikasi struktur kimia untuk meningkatkan sifat-sifat obat potensial (MacCoss and Baillie, 2004).

4. Sintesis dan optimasi

Sintesis kandidat obat seringkali memerlukan transformasi organik yang rumit. Para peneliti menggunakan prinsip-prinsip kimia organik untuk mengembangkan rute sintetik yang efisien, dengan mempertimbangkan skalabilitas dan keberlanjutan. Optimalisasi penggunaan farmasi adalah proses yang berkesinambungan (Grygorenko *et al.*, 2020).

8.6 Sifat Koligatif Larutan

Sifat koligatif larutan, yang bergantung pada rasio partikel zat terlarut terhadap partikel pelarut, mempunyai implikasi yang signifikan dalam ilmu farmasi. Aspek – aspek utama meliputi:

1. Peningkatan Tekanan Osmotik
Peningkatan tekanan osmotik sangat penting dalam formulasi farmasi, karena mempengaruhi sistem penghantaran obat. Memahami perilaku osmotik membantu mengoptimalkan laju pelepasan obat dalam formulasi pelepasan terkontrol (Connors, 2003).
2. Penurunan Tekanan Uap
Penurunan tekanan uap mempengaruhi titik didih larutan farmasi. Sifat ini digunakan dalam pengembangan larutan intravena dan sediaan steril, dimana titik didih yang tepat sangat penting (Connors, 2003).
3. Penurunan Titik Beku
Penurunan titik beku digunakan dalam industri farmasi untuk mencegah kristalisasi larutan, memastikan stabilitas formulasi cairan selama penyimpanan dan transportasi (Worch, 2023).
4. Peningkatan Titik Didih
Ketinggian titik didih merupakan faktor penting dalam produksi larutan farmasi, yang mempengaruhi proses sterilisasi. Penting untuk menjaga kemanjuran dan keamanan larutan steril.

8.7 Reaksi Redoks dalam Konteks Farmasi

Reaksi redoks memainkan peran penting dalam formulasi obat, mempengaruhi pengembangan, stabilitas, dan kemanjuran terapeutik. Aplikasi utama meliputi:

1. Metode Penentuan
Reaksi redoks digunakan untuk metode penentuan obat. Misalnya, reaksi redoks antara obat dan besi(III) atau KMnO_4 telah diterapkan untuk penentuan senyawa farmasi, sehingga meningkatkan metodologi analisis (Qarah, Basavaiah and Abdulrahman, 2020).

2. Sifat Oksidatif

Sifat pengoksidasi senyawa aktif redoks, seperti permanganat, dapat diterapkan dalam menentukan konsentrasi obat dalam formulasi farmasi. Pendekatan oksidatif ini berkontribusi terhadap analisis obat yang akurat (Qarah, Basavaiah and Abdulrahman, 2020).

3. Nanogel Responsif Redoks

Sistem penghantaran obat yang inovatif memanfaatkan reaksi redoks. Nanogel yang responsif terhadap redoks, diaktifkan oleh perubahan dalam lingkungan redoks seluler, meningkatkan spesifisitas pelepasan obat, penargetan, dan efektivitas terapi secara keseluruhan (Shi *et al.*, 2023).

4. Menargetkan ROS yang Relevan dengan Penyakit:

Aplikasi farmakologis melibatkan penargetan spesies oksigen reaktif atau *reactive oxygen species* (ROS) yang relevan dengan penyakit dan protein yang dirusak oleh ROS menggunakan obat aktif redoks. Pendekatan ini bertujuan untuk memodulasi keseimbangan redoks seluler untuk manfaat terapeutik (Dao *et al.*, 2015).

8.8 Sel Elektrokimia

Sel elektrokimia, perangkat yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik dan sebaliknya, memainkan peran penting dalam kimia farmasi. Aspek-aspek utama meliputi:

1. Pembangkitan Energi

Sel elektrokimia dapat menghasilkan energi listrik dari reaksi kimia. Hal ini sangat relevan dalam industri farmasi untuk menggerakkan berbagai proses dan perangkat.

2. Analisis Obat

Metode elektrokimia diterapkan dalam analisis farmasi dan obat. Teknik – teknik ini memungkinkan deteksi senyawa farmasi yang sensitif dan selektif, berkontribusi terhadap pengendalian kualitas dan penelitian (Xu *et al.*, 2009).

3. Sintesis API

Elektrokimia menawarkan keuntungan strategis dalam sintesis bahan aktif farmasi atau *active pharmaceutical ingredients* (API). Hal ini meningkatkan keberlanjutan dan

efisiensi dalam proses sintesis molekul kecil (Challener, 2022).

8.9 Keseimbangan Kimia

Analisis keseimbangan kimia memiliki arti penting dalam konteks farmasi untuk memahami formulasi obat, reaksi, dan kelarutan. Aspek-aspek utama meliputi:

1. Konsep Penemuan Obat

Keadaan keseimbangan dinamis obat memainkan peran penting dalam penghantaran obat ke sisi aktif. Memahami keseimbangan dinamis sangat penting untuk mengoptimalkan formulasi obat dan meningkatkan kemanjuran terapeutik (Ramachary and Kumar, 2011).

2. Studi Kelarutan

Pengukuran kelarutan keseimbangan sangat penting untuk menilai faktor – faktor yang mempengaruhi kelarutan obat. Peneliti farmasi memanfaatkan informasi ini untuk meningkatkan formulasi obat dan bioavailabilitas (Baka, Comer and Takács-Novák, 2008).

3. Keseimbangan Termodinamika

Analisis keseimbangan termodinamika memberikan wawasan tentang distribusi produk yang terbentuk selama proses farmasi. Pengetahuan ini membantu dalam mengoptimalkan kondisi reaksi untuk hasil produk yang diinginkan (Chen and Yang, 2019).

DAFTAR PUSTAKA

- Baka, E., Comer, J. E. A. and Takács-Novák, K. 2008. 'Study of equilibrium solubility measurement by saturation shake-flask method using hydrochlorothiazide as model compound', *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 46(2), pp. 335–341. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.10.030>.
- Cairns, D. 2012. *Essentials of pharmaceutical chemistry*. Pharmaceutical Press.
- Challener, C. 2022. 'Electrochemistry for API Synthesis', *Pharmaceutical Technology*. MJH Life Sciences, 46(10), pp. 24–28.
- Chen, J. and Yang, C. 2019. 'Thermodynamic Equilibrium Analysis of Product Distribution in the Fischer–Tropsch Process Under Different Operating Conditions', *ACS omega*. ACS Publications, 4(26), pp. 22237–22244.
- Connors, K. 2003. 'Colligative Properties', in, pp. 106–115. doi: 10.1002/0471234923.ch9.
- Dao, V. T.-V. *et al.* 2015. 'Pharmacology and clinical drug candidates in redox medicine', *Antioxidants & redox signaling*. Mary Ann Liebert, Inc. 140 Huguenot Street, 3rd Floor New Rochelle, NY 10801 USA, 23(14), pp. 1113–1129.
- EROĞLU, Y. 2020. 'Use of Pharmaceutical Chemistry Information in the Pharmacy', *Erzincan University Journal of Science and Technology*. Erzincan Binali Yildirim University, 13(3), pp. 1198–1204.
- Fernandes, J. P. S. 2018. 'The Importance of Medicinal Chemistry Knowledge in the Clinical Pharmacist's Education.', *American journal of pharmaceutical education*. United States, 82(2), p. 6083. doi: 10.5688/ajpe6083.
- Grygorenko, O. O. *et al.* 2020. 'The symbiotic relationship between drug discovery and organic chemistry', *Chemistry-A European Journal*. Wiley Online Library, 26(6), pp. 1196–1237.

- Holme, T. 2020. 'Using the chemistry of pharmaceuticals to introduce sustainable chemistry and systems thinking in general chemistry', *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 16, p. 100234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100234>.
- Ji, H. *et al.* 2021. 'Qualitative and quantitative recognition method of drug-producing chemicals based on SnO₂ gas sensor with dynamic measurement and PCA weak separation', *Sensors and Actuators B: Chemical*, 348, p. 130698. doi: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.130698>.
- Kafka, A. P. *et al.* 2011. 'The application of MALDI TOF MS in biopharmaceutical research', *International Journal of Pharmaceutics*, 417(1), pp. 70–82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2010.12.010>.
- Kampen, J. *et al.* 2006. 'Qualitative and Quantitative Analysis of Pharmaceutical Compounds by MALDI-TOF Mass Spectrometry', *Analytical chemistry*, 78, pp. 5403–5411. doi: 10.1021/ac060436i.
- Kent, J. A. 2003. 'Chemistry in the Pharmaceutical Industry BT - Riegel's Handbook of Industrial Chemistry', in Kent, J. A. (ed.). Boston, MA: Springer US, pp. 1073–1097. doi: 10.1007/0-387-23816-6_26.
- Khan, M. O. F., Deimling, M. J. and Philip, A. 2011. 'Medicinal chemistry and the pharmacy curriculum.', *American journal of pharmaceutical education*. United States, 75(8), p. 161. doi: 10.5688/ajpe758161.
- MacCoss, M. and Baillie, T. A. 2004. 'Organic chemistry in drug discovery', *Science*. American Association for the Advancement of Science, 303(5665), pp. 1810–1813.
- Qarah, N. A. S., Basavaiah, K. and Abdulrahman, S. A. M. 2020. 'Application of redox reactions for the determination of valganciclovir hydrochloride in pharmaceuticals', *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*. SciELO Brasil, 56, p. e17784.
- Ramachary, D. B. and Kumar, I. 2011. 'Dynamic equilibrium: Is it an important concept in chemical biology and drug discovery?', *Journal of the Indian Institute of Science*, 91, pp. 455–470.

- Rotella, D. P. 2016. 'The critical role of organic chemistry in drug discovery', *ACS Chemical Neuroscience*. ACS Publications, pp. 1315–1316.
- Shi, X. *et al.* 2023. 'The progress of research on the application of redox nanomaterials in disease therapy.', *Frontiers in chemistry*. Switzerland, 11, p. 1115440. doi: 10.3389/fchem.2023.1115440.
- Siddiqui, M. R., AlOthman, Z. A. and Rahman, N. 2017. 'Analytical techniques in pharmaceutical analysis: A review', *Arabian Journal of Chemistry*, 10, pp. S1409–S1421. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.04.016>.
- Silverman, R. B. and Holladay, M. W. 2014. *The organic chemistry of drug design and drug action*. Academic press.
- Worch, E. 2023. *Hydrochemistry: basic concepts and exercises*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Xu, Q. *et al.* 2009. 'Application of Electrochemical Methods for Pharmaceutical and Drug Analysis', *Current Pharmaceutical Analysis*, 5, pp. 144–155. doi: 10.2174/157341209788172889.

BAB 9

KIMIA LINGKUNGAN

Oleh Silvia Devi Eka Putri

9.1 Pendahuluan

Krisis lingkungan Negara Berkembang telah menjadi perhatian internasional selama beberapa tahun terakhir dan terdapat banyak cara untuk menghentikan krisis ini. Perubahan iklim, penurunan keanekaragaman hayati, dan kerusakan lingkungan saat ini, salah satu perhatian besar masyarakat yang mengacu pada kepedulian dan pelestarian lingkungan menjadi sangat penting. Sejak diterbitkannya *Silent Spring* pada tahun 1962, perhatian global semakin tertuju pada ancaman pencemaran lingkungan terhadap ekosistem dan kesehatan manusia, hingga saat ini menjadi masalah yang belum terselesaikan karena kompleksitas tantangan lingkungan yang terus berubah.

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat dengan segala aktivitas dari waktu ke waktu yang mengubah cara pandang manusia tentang lingkungan, sehingga menimbulkan berbagai macam permasalahan terhadap lingkungan. Puncak dari semua masalah lingkungan adalah pembangunan yang berlangsung tanpa memperhatikan faktor-faktor lingkungan, yang menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan. Misalnya, partikel halus (PM) yang terbawa udara meningkatkan timbulnya resiko penyakit pernapasan akut dan kronis, penyakit jantung, stroke, dan kanker paru-paru. Polusi air minum telah dilaporkan menyebabkan hampir 900.000 kematian terkait diare pada tahun 2016. Paparan polusi tanah oleh beberapa logam berat dan *Persistent Organics Pollutans* (POPs) menimbulkan ancaman kesehatan akibat keracunan logam atau efek gangguan endokrin. Diperkirakan 24% permasalahan penyakit global dan 23% kematian disebabkan oleh faktor lingkungan, termasuk faktor biologis, fisik, dan kimia yang berbahaya dilingkungan. Faktor biohazard dilingkungan diklasifikasikan sebagai bahaya lingkungan tradisional, termasuk

bakteri patogen, virus, dan parasit. Pandemi terkenal yang disebabkan oleh virus COVID-19 yang muncul pada akhir tahun 2019 telah melanda seluruh dunia, menyebabkan dampak buruk terhadap kesehatan masyarakat global. Oleh karena itu, seluruh sektor yang menangani limbah berbahaya tersebut harus mematuhi peraturan, termasuk lembaga pendidikan yang menangani dan menghasilkan limbah berbahaya.

Baik kimia lingkungan maupun kimia hijau sama-sama mempunyai peran penting dalam ekosistem. Namun kimia lingkungan lebih membahas permasalahan lingkungan, sedangkan kimia hijau memberikan solusi setiap permasalahan yang disebabkan oleh pencemaran lingkungan. Kimia hijau merupakan bidang baru yang berupaya mencapai keberlanjutan ditingkat molekuler. Kimia hijau pada umumnya berkaitan dengan pengurangan atau minimalisir produk kimia berbahaya dan beracun dengan cara yang ramah lingkungan.

9.2 Perkembangan Ilmu Lingkungan

Meningkatnya pencemaran lingkungan menimbulkan banyak kekhawatiran tentang masalah ekologi dan kesehatan masyarakat global. Hal ini menimbulkan kekhawatiran yang signifikan dari masyarakat, pemerintah dan komunitas ilmiah (Deng *et al.*, 2022) Ilmu lingkungan merupakan interdisipliner yang dikembangkan dalam proses pemahaman dan penyelesaian permasalahan ekologi dan lingkungan hidup. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ilmu lingkungan diharapkan dapat mengungkapkan sumber, perilaku, paparan dan resiko polutan terhadap lingkungan serta mengembangkan solusi untuk mengendalikan pencemaran. Hal ini memberikan dasar ilmiah bagi para pengambil keputusan untuk menetapkan kebijakan lingkungan dan ekonomi, serta mendorong upaya bersama untuk pembangunan masyarakat yang berkelanjutan (Zhu *et al.*, 2021).

Ilmu lingkungan adalah suatu disiplin ilmu yang komprehensif yang mengacu pada ekologi, geologi, meteorologi, biologi, teknik, fisika dan kimia untuk mempelajari masalah lingkungan dan dampak manusia terhadap lingkungan. Ilmu lingkungan adalah disiplin kuantitatif dengan aspek terapan dan

teoritis dan telah berpengaruh dalam memberikan informasi kebijakan pemerintah diseluruh dunia. Ilmu lingkungan dianggap terpisah dari studi lingkungan hidup, yang menekankan pada hubungan manusia dengan lingkungan hidup serta dimensi sosial dan politiknya. .Penelitian ilmiah tentang sumber daya dan lingkungan mencakup berbagai aspek geografi (yaitu, siklus air, sumber daya tanah dan lahan, ilmu atmosfer, dan ilmu informasi geografis), ekosistem (yaitu, jasa ekosistem, keanekaragaman hayati, dan ekologi makrosistem), lingkungan hidup (yaitu polusi dan penyakit menular), bahaya alam (yaitu proses, pola dan pemicu bencana, serta langkah-langkah untuk mencegah bencana), dan pembangunan berkelanjutan (yaitu tujuan pembangunan berkelanjutan) (Fu *et al.*, 2021).

Khusus mengenai kimia lingkungan, seperti yang akan dibicarakan dalam tulisan ini, kimia lingkungan merupakan studi ilmiah tentang fenomena kimia dan biokimia yang terjadi di alam. Hal ini tidak sama dengan kimia ramah lingkungan, yang berupaya mengurangi potensi polusi pada sumbernya. Kimia lingkungan adalah ilmu interdisipliner yang mencakup kimia atmosfer, perairan dan tanah, serta sangat bergantung pada kimia analitik dan terkait dengan bidang ilmu lingkungan dan lainnya. Ahli kimia lingkungan memanfaatkan berbagai konsep kimia dan berbagai ilmu lingkungan untuk membantu studi mereka tentang apa yang terjadi pada spesies kimia di lingkungan. Konsep umum yang penting dari kimia meliputi pemahaman reaksi dan persamaan kimia, larutan, satuan, pengambilan sampel dan teknik analisis.

9.3 Pengertian Kimia Lingkungan

Kimia lingkungan adalah studi tentang proses kimia yang terjadi di lingkungan yang dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Dampak dapat dirasakan dalam skala lokal, melalui adanya polutan udara perkotaan atau zat-zat beracun yang dihasilkan dari lokasi limbah kimia atau dalam skala global, melalui penipisan lapisan ozon di stratosfer atau pemanasan global (Tisley, 2004). Lebih lanjut, kajian ilmu lingkungan merupakan mata pelajaran interdisipliner yang mengintegrasikan ilmu fisika, kimia, dan biologi; beberapa bidang kepentingannya adalah : (1) kimia yang meliputi,

konstitusi lingkungan hidup materi (udara, air, tanah dan bahan kimia tertentu), bahan dan kesetimbangan energi. (2) biologi yang meliputi, mikrobiologi, botani, zoologi, sosiologi dan keanekaragaman hayati, dan (3) fisika, yang meliputi: meteorologi, klimatologi, hidrologi, oseanografi, dan sistem atmosfer samudera (Hill, 2010).

Salah satu tujuan kimia lingkungan adalah mempelajari lingkungan dan proses kimia alami yang terjadi di lingkungan. Kimia lingkungan berkaitan dengan reaksi dalam lingkungan dan melibatkan studi tentang distribusi dan keseimbangan (yaitu, reaksi, jalur, termodinamika, dan kinetika) antar komponen suatu ekosistem. Kimia lingkungan berfokus pada kepedulian lingkungan terhadap material, energi, serta siklus produksi, dan menunjukkan betapa mendasarnya hal tersebut prinsip dan metodologi kimia dapat melindungi flora (tumbuhan) dan fauna spesies (hewan, termasuk manusia) dalam lingkungan. Lebih khusus lagi, prinsip-prinsip kimia dapat digunakan untuk mengembangkan bagaimana keberlanjutan global dapat didukung dan dipelihara. Untuk itu, ahli kimia dan insinyur lingkungan masa depan harus memperoleh pengetahuan ilmiah dan teknis untuk merancang produk dan proses kimia. Mereka juga harus meningkatkan kesadaran mengenai dampak bahan kimia terhadap lingkungan, serta pentingnya strategi berkelanjutan dalam penelitian kimia dan industri yang menghasilkan limbah kimia, serta perlunya pengelolaan pembuangan dan pembuangan limbah kimia, atau pemusnahan limbah tersebut.

9.4 Pencemaran Lingkungan

Hampir setiap aktivitas manusia mengakibatkan terjadinya degradasi atau penyusutan mutu lingkungan alam dianggap sebagai pencemaran. Pencemaran lingkungan bukanlah fenomena baru, namun tetap menjadi masalah terbesar yang dihadapi umat manusia, dan merupakan penyebab utama kesakitan dan kematian lingkungan. Pada tahun 2015 diperkirakan gangguan kesehatan disebabkan oleh polusi menyebabkan 9 juta kematian dini, yang berarti tiga kali lipat jumlahnya kematian akibat malaria, *AIDS*, dan tuberkulosis. Secara umum, pencemaran lingkungan lebih besar

terjadi di negara-negara berpenghasilan menengah dan rendah dibandingkan di negara-negara maju, mungkin karena kemiskinan, peraturan perundang-undangan yang buruk, dan ketidaktahuan akan hal ini bentuk polusi. Kemungkinan besar manusia menghadapi polusi setiap hari tanpa kita sadari mungkin menjadi kebal terhadapnya dalam kehidupan kita yang serba cepat (Muralikrishna and Manickam, 2017)

Namun ketidakwaspadaan terhadap bentuk-bentuk polusi dapat mengakibatkan manusia melakukan aktivitas yang menghasilkan produk sampingan yang berbahaya dalam bentuk dan kuantitas bahwa lingkungan tidak dapat lagi mengimbangi tanpa mengubah sistemnya secara langsung. Misalnya saja penggundulan hutan, pembakaran semak-semak, pembuangan hasil pertanian dan rumah tangga limbah di badan air, penggunaan bahan kimia dalam memanen hewan air, dan pembuangan limbah elektronik yang tidak tepat, semuanya berkontribusi terhadap polusi udara, tanah, dan air. Terlebih lagi, sebagai kepadatan populasi manusia meningkat, aktivitas manusia pun ikut meningkat peningkatan dampak terhadap lingkungan. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya pada manusia saja tetapi juga pada hewan air dan darat lainnya termasuk mikroorganisme, yang karena sifatnya kelimpahan dan keanekaragaman cenderung mempertahankan fungsi biogeokimia yang diperlukan untuk mempertahankan ekosistem.

Penyebab pencemaran lingkungan tidak terbatas pada industrialisasi, urbanisasi, pertumbuhan populasi, eksplorasi, dan pertambangan, tetapi juga pergerakan polutan lintas batas dari negara maju ke negara berkembang atau sebaliknya. Polusi lintas batas adalah bagian dari Alasannya adalah polusi masih menjadi tantangan global. Melalui jalur yang berbeda-beda, terutama udara dan air, polusi yang timbul di suatu negara dapat menimbulkan malapetaka di negara lain, oleh karena itu, tidak ada negara yang bisa bersikap acuh tak acuh terhadap polusi. Selain itu, pergerakan lintas batas peralatan listrik dan elektronik (EEE) yang tidak berfungsi dari negara maju ke Negara berkembang dengan dalih untuk menjembatani kesenjangan digital merupakan penyebab serius kerusakan udara, air, dan polusi. pencemaran tanah oleh

logam beracun. Selain itu, pencemaran lingkungan dipicu oleh masuknya bahan-bahan berbahaya, seperti polutan gas, logam beracun, dan materi partikulat. (PM) ke atmosfer; limbah, limbah industri, limpasan pertanian, dan elektronik limbah ke badan air; dan kegiatan seperti pertambangan, penggundulan hutan, pembuangan sampah, dan illegal membuang sampah yang menyebabkan pencemaran tanah (Ukaogo, Ewuzie and Onwuka, 2020)

9.5 Macam-Macam Pencemaran Lingkungan

9.5.1 Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah pencemaran yang diakibatkan adanya zat-zat di atmosfer yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Ada berbagai jenis polutan udara, seperti gas (termasuk amonia, karbon monoksida, sulfur dioksida, dinitrogen oksida, metana dan klorofluorokarbon), partikulat (organik dan anorganik), dan molekul biologis. Pencemaran udara dapat menyebabkan berbagai penyakit, alergi dan bahkan kematian pada manusia, hal ini juga dapat menyebabkan organisme hidup lainnya seperti hewan dan tanaman. Polusi udara mempunyai berbagai dampak terhadap kesehatan. Paparan jangka pendek terhadap polutan udara erat kaitannya dengan PPOK (Penyakit Paru Obstruktif Kronik), batuk, sesak napas, mengi, asma, penyakit pernafasan, dan tingginya angka rawat inap (ukuran morbiditas). Dampak jangka panjang yang terkait dengan polusi udara adalah asma kronis, insufisiensi paru, penyakit kardiovaskular, dan kematian kardiovaskular (Manisalidis *et al.*, 2020).

Selama setengah abad terakhir, ilmuwan paparan, ahli epidemiologi, dan peneliti dari berbagai disiplin ilmu terkait telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengembangkan metode untuk memantau dan mengendalikan polutan di udara dan menyelidiki dampak berbahaya dari paparan polusi udara. Namun, sifat kimia polutan udara, di atmosfer/lingkungan, dan interaksinya dengan sistem biologis sangatlah kompleks, meskipun ada kemajuan besar dalam penelitian, masih banyak hal yang belum diketahui. Pada tahun 2010, konferensi khusus internasional yang disponsori oleh *American Association for Aerosol Research (AAAR)*

bertajuk “*Polusi Udara dan Kesehatan: Menjembatani Kesenjangan dari Sumber ke Hasil Kesehatan*” mengidentifikasi kebutuhan utama untuk meningkatkan pemahaman kita tentang dampak buruk yang terkait dengan polusi udara: 1) fokus yang lebih besar pada ilmu multipolutan yang mencakup studi tentang campuran dan sumber polutan, 2) pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme biologis dan hubungan berbagai efek kesehatan dengan sub-komponen PM (misalnya, partikel submikron, unsur karbon, elemen jejak, dan sumber -campuran spesifik); 3) pemahaman lebih lanjut mengenai kerentanan populasi termasuk peran genetika/epigenetika, pengaruh sosio-ekonomi dan faktor perancu lainnya, dan 4) penambahan teknologi baru, seperti 'mikrosensor', pemodelan kualitas udara hibrid, dan data penginderaan jarak jauh (misalnya satelit) (Nicolaou and Checkley, 2021).

Polusi udara juga merupakan sejarah panjang sebagai ancaman terhadap kesehatan manusia, yang mengakibatkan beberapa episode besar selama tahun 1930an. Bencana polusi udara pertama yang terdokumentasi adalah “Kabut Lembah Meuse” pada tahun 1930 di Belgia. Cuaca yang dingin dan tidak berangin tidak mendukung penyebaran emisi atmosfer dari pabrik baja, pabrik kokas dan pengecoran logam di lembah sehingga menyebabkan tingginya akumulasi pencemaran udara, termasuk sulfur dioksida, kabut asam sulfat, flourida dan nitrogen oksida. Menghirup polutan ini sangat berbahaya dan bahkan berakibat fatal. Ribuan orang menderita penyakit pernafasan, dan lebih dari 60 kematian terjadi dalam satu minggu (Brimblecombe, 2019).

Selain kasus polusi udara di atas yang umumnya disebabkan oleh sulfur dioksida dan kabut asam dari pabrik industri, jenis polusi udara serius lainnya adalah kabut asap fotokimia, yang disebabkan oleh tingginya konsentrasi polutan udara dari reaksi fotokimia asap knalpot kendaraan di bawah sinar matahari. Kasus pertama yang teridentifikasi adalah kabut asap Los Angeles pada tahun 1944 ketika kabut asap berwarna kecoklatan menyebabkan iritasi pada mata dan gangguan pernapasan. Selama dua dekade terakhir, masalah kesehatan masyarakat yang disebabkan oleh PM yang ditularkan melalui udara secara bertahap mendapatkan perhatian yang tinggi (Bell and Davis, 2001)

Pada akhir tahun 2019, wabah virus corona sindrom pernafasan akut parah tipe 2 (SARS-CoV-2) menyebar dengan cepat ke seluruh dunia dan menyebabkan deklarasi darurat kesehatan masyarakat yang menjadi perhatian internasional pada tanggal 30 Januari 2020. Tak lama kemudian, pada 11 Februari dinyatakan sebagai pandemi. Meskipun banyak tindakan pengendalian telah diterapkan, pandemi global ini masih terus berlanjut dan menyebabkan kasus dan kematian di seluruh dunia. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi faktor risiko utama yang dapat dimodifikasi dan dapat memengaruhi kematian akibat COVID-19. Studi eksperimental menunjukkan bahwa polusi udara dapat menurunkan respons imun dan, di saluran pernapasan, memfasilitasi masuknya virus melalui enzim pengubah angiotensin 2 dengan meningkatkan aktivitas protease, yang mungkin memfasilitasi infeksi SARS-CoV-2 (Bronte *et al.*, 2023). Semua kasus ini memberikan bukti jelas bahwa polusi udara dapat menyebabkan keadaan darurat kesehatan masyarakat dan penyakit kronis jangka panjang dan karenanya merupakan salah satu aspek terpenting dalam studi kesehatan lingkungan .

9.5.2 Pencemaran Air

Air adalah sumber daya paling melimpah di planet ini. Konon luasnya sekitar 70 persen massa bumi. Ini juga merupakan sebagian besar dari apa yang kita makan dan membantu proses pencernaan manusia dan hewan. Namun, akses terhadap air bersih telah menjadi masalah bagi dunia sejak lama. Sebagian besar penduduk bumi tidak memiliki akses terhadap air bersih dan sehat. Selain itu, angka kematian akibat air yang terkontaminasi telah meningkat selama bertahun-tahun, karena semakin banyak orang meninggal setiap hari karena meminum air yang tidak sehat. Pencemaran air adalah pencemaran badan air, biasanya akibat aktivitas manusia. Sehingga berdampak negatif terhadap penggunaannya. Badan air meliputi danau, sungai, lautan, akuifer, waduk dan air tanah. Pencemaran air terjadi ketika kontaminan bercampur dengan badan air tersebut (Elehinafe *et al.*, 2022).

Namun, seiring dengan pesatnya pertumbuhan populasi dan pembangunan sosio-ekonomi, penggunaan dan kelangkaan air ini

meningkat dengan cepat. Konsekuensi alami dari hal ini adalah memburuknya kualitas air karena tingginya paparan kontaminasi dan polusi. Pencemaran ini dapat disebabkan oleh aktivitas alam maupun aktivitas manusia. Faktor alam yang mempengaruhi kualitas air adalah hidrologi, atmosfer, iklim, topografi dan litologi. Aktivitas manusia yang berdampak buruk pada kualitas air adalah pertambangan, peternakan, produksi dan pembuangan air limbah (misalnya industri, kota dan pertanian), peningkatan limpasan sedimen atau erosi tanah akibat perubahan penggunaan lahan dan polusi logam berat. Kontaminasi dan polusi yang sangat besar bervariasi berdasarkan perusahaan dan pola penggunaan airnya. Misalnya, perairan yang dekat dengan kawasan industri berat sangat rentan terhadap logam berat dan zat berbahaya yang dibuang sebagai produk sampingan dari proses produksi. Lahan basah dan sumber air di sekitar lahan pertanian terpapar pupuk dan residu pestisida (misalnya kelompok organofosfat, karbamat, dan organoklorin) (Uddin, Nash and Olbert, 2021).

Karena air adalah faktor kunci bagi keberlanjutan peradaban manusia dan lingkungan bumi, para peneliti telah melakukan penelitian ekstensif yang mendukung pemeliharaan dan pengelolaan kualitas air. Oleh karena itu, banyak penelitian dilakukan dalam dua dekade terakhir untuk membuat profil kualitas air guna memahami kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Penelitian lain mengevaluasi kualitas air dengan memanfaatkan model Indeks Kualitas Air (WQI) yang berbeda, model Indeks Pencemaran (PI) dan Metode statistik untuk penilaian berkala dan analisis rangkaian waktu. Model dan metode ini diisi dengan beberapa parameter kualitas air yang menandakan karakteristik badan air yang berbeda. Sejalan dengan hal ini, penelitian juga menargetkan desain dan pengembangan sistem intensif teknologi untuk penginderaan jarak jauh, pengukuran dan pemantauan kualitas air. Sehingga pengendalian pencemaran air memerlukan infrastruktur dan rencana pengelolaan yang tepat serta peraturan perundang-undangan. Solusi teknologi dapat mencakup peningkatan sanitasi, pengolahan limbah, pengolahan air limbah industri, pengolahan air limbah pertanian, pengendalian erosi, pengendalian sedimen dan pengendalian limpasan perkotaan

(termasuk pengolahan air hujan) (Asiful Islam, Khan and Syeed, 2020).

9.5.3 Pencemaran Tanah

Selain gempa bumi, erosi, dan bencana alam lainnya yang cenderung merusak tanah, sumber utama pencemaran tanah adalah limbah industri dan rumah tangga. Beberapa polutan tanah antara lain logam berat, hidrokarbon, pelarut anorganik dan organik. Pembuangan sampah di lahan terbuka, pembakaran sampah, dan tempat pembuangan sampah yang tidak memadai merupakan kontributor utama pencemaran tanah. Bahan bakar fosil dari pabrik petrokimia, kilang minyak bumi, dan pembangkit listrik tanaman juga mendukung pencemaran tanah. Eksplorasi, pemurnian, dan distribusi minyak bumi melalui transportasi jalan raya seringkali mengakibatkan pencemaran tanah. Polusi tanah oleh plastik mulai terjadi mendapatkan perhatian global karena sifat racun dari bahan tambahan yang digunakan dalam produksinya dan dampak langsung plastik terhadap tanaman dan hewan. Sampah plastik di daratan yang merusak pemandangan, dapat meresap ke dalam tanah dan menghambat penyerapan unsur hara oleh tanaman, dan menyebabkan keterikatan hewan darat. Pencemaran tanah tidak hanya mengakibatkan masalah kesehatan manusia tetapi juga dapat mengubah proses metabolisme pada tanaman yang mengakibatkan berkurangnya hasil panen. Polutan juga dapat masuk ke dalam rantai makanan melalui penyerapan oleh tanaman (Ukaogo, Ewuzie and Onwuka, 2020).

Tanah yang terkontaminasi atau tercemar secara langsung mempengaruhi kesehatan manusia melalui kontak langsung dengan tanah atau melalui penghirupan bahan pencemar tanah yang telah menguap; Potensi ancaman yang lebih besar ditimbulkan oleh masuknya kontaminasi tanah ke dalam akuifer air tanah yang digunakan untuk konsumsi manusia, kadang-kadang di wilayah yang tampaknya jauh dari sumber kontaminasi di atas tanah. Logam beracun juga dapat naik ke rantai makanan melalui tanaman yang berada di tanah yang mengandung logam berat konsentrasi tinggi. Hal ini cenderung mengakibatkan berkembangnya penyakit yang

berhubungan dengan polusi. Sebagian besar paparan tidak disengaja, dan paparan dapat terjadi melalui:

1. Menelan makanan atau sayuran yang ditanam di tanah yang terkontaminasi atau dengan makanan yang bersentuhan dengan kontaminan
2. Menelan debu atau tanah secara langsung
3. Kontak kulit dengan debu atau tanah
4. Uap dari tanah
5. Menghirup awan debu saat bekerja di tanah atau lingkungan berangin

Namun, beberapa penelitian memperkirakan bahwa 90% paparannya disebabkan oleh konsumsi makanan yang terkontaminasi.

9.6 Dampak Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan mempunyai berbagai dampak buruk terhadap kesehatan sejak awal kehidupan, beberapa dampak berbahaya yang paling penting adalah gangguan perinatal, kematian pada bayi, gangguan pernafasan, alergi, kanker, gangguan kardiovaskular, peningkatan stres oksidatif, disfungsi endotel, gangguan mental dan berbagai efek berbahaya lainnya. Meskipun, Dampak pencemaran lingkungan sampai saat ini tidak dilaporkan di sebagian besar negara-negara berkembang yang paling menderita terhadap pencemaran. Hal ini disebabkan oleh sistem manajemen basis data yang buruk yang tidak dapat diandalkan, dan sebagian disebabkan oleh kurangnya kesadaran akan dampak berbahaya dari hal tersebut polusi dapat berdampak pada lingkungan dan kesehatan. Oleh karena itu, di negara-negara berpendapatan rendah, masyarakat lebih mementingkan pangan dan tempat tinggal dibandingkan kesehatan dan perlindungan lingkungan, sehingga meningkatkan angka kemiskinan polusi dan dampaknya di negara-negara tersebut (Ukaogo, Ewuzie and Onwuka, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Asiful Islam, M., Khan, R.H. and Syeed, M. 2020. 'A smart and integrated surface water monitor system architecture: Bangladesh perspective', *ACM International Conference Proceeding Series* [Preprint], (January). Available at: <https://doi.org/10.1145/3377049.3377103>.
- Bell, M.L. and Davis, D.L. 2001. 'Reassessment of the lethal London fog of 1952: Novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution', *Environmental Health Perspectives*, 109(SUPPL. 3), pp. 389–394. Available at: <https://doi.org/10.1289/ehp.01109s3389>.
- Brimblecombe, P. 2019. *Air pollution episodes*. Second Edi, *Encyclopedia of Environmental Health*. Second Edi. Elsevier. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11638-0>.
- Bronte, O. *et al.* 2023. 'Impact of outdoor air pollution on severity and mortality in COVID-19 pneumonia', *Science of the Total Environment*, 894(2). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164877>.
- Deng, H. *et al.* 2022. 'Environmental behavior, human health effect, and pollution control of heavy metal(loid)s toward full life cycle processes', *Eco-Environment and Health*, 1(4), pp. 229–243. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eehl.2022.11.003>.
- Elehinafe, F.B. *et al.* 2022. 'Insights on the advanced separation processes in water pollution analyses and wastewater treatment – A review', *South African Journal of Chemical Engineering*, 42(August), pp. 188–200. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.08.004>.
- Fu, B. *et al.* 2021. 'The research priorities of Resources and Environmental Sciences', *Geography and Sustainability*, 2(2), pp. 87–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.04.001>.
- Hill, M.K., 2010. *Understanding Environmental Pollution*, third ed. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom

- Manisalidis, I. *et al.* 2020. 'Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review', *Frontiers in Public Health*, 8. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00014>.
- Muralikrishna, I. V. and Manickam, V. 2017. *Analytical Methods for Monitoring Environmental Pollution, Environmental Management*. Available at: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811989-1.00018-x>.
- Nicolaou, L. and Checkley, W. 2021. 'Inequities in air pollution exposure and gaps in air quality monitoring', *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 148(1), pp. 64–66. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2021.04.014>.
- Tinsley, I.J., 2004. *Chemical Concepts in Pollutant Behavior*, second ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey
- Uddin, M.G., Nash, S. and Olbert, A.I. 2021. 'A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality', *Ecological Indicators*, 122, p. 107218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>.
- Ukaogo, P.O., Ewuzie, U. and Onwuka, C. V. 2020. *Environmental pollution: Causes, effects, and the remedies, Microorganisms for Sustainable Environment and Health*. INC. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819001-2.00021-8>.
- Zhu, D. *et al.* 2021. 'Future research needs for environmental science in China', *Geography and Sustainability*, 2(3), pp. 234–242. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.09.003>.

BAB 10

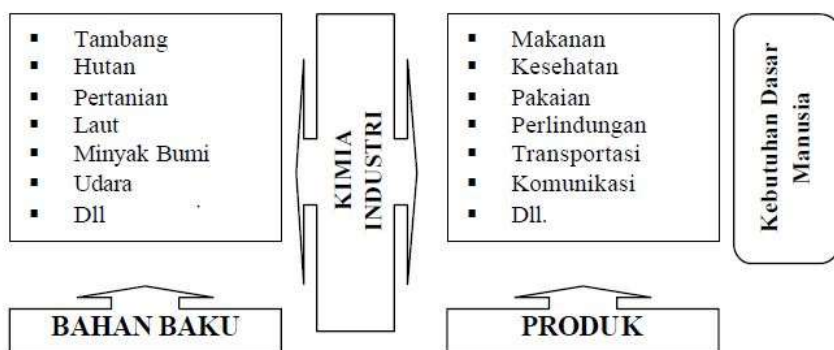
KIMIA INDUSTRI

Oleh Melani Ganing

10.1 Pendahuluan

Menggunakan pengetahuan kimia untuk membuat bahan dan bahan kimia tertentu dengan sedikit efek pada lingkungan adalah salah satu bidang kimia yang dikenal sebagai kimia industri (Bartholome, dkk., 1984). Pemahaman tentang sintesis industri dari senyawa organik dan anorganik merupakan komponen kunci dari kimia industri. Bahan bakar seperti batu bara, minyak bumi, dan bahan baku terbarukan adalah sumber daya organik yang digunakan untuk membuat senyawa dasar. Penelitian tentang reaksi dan proses kimia yang penting sedang berlangsung dalam kimia industri, yang menghasilkan berbagai macam produk antara dan produk akhir (Keim, dkk., 2004).

Menentukan langkah-langkah proses yang paling hemat biaya, termasuk ketersediaan bahan baku dan konsumsi energi, adalah tanggung jawab utama kimia industri. Hal ini dilakukan dengan menganalisis berbagai jalur sintesis. Reaksi kimia yang berbeda, seperti oksidasi, polimerisasi, hidrogenasi, nitrasi, sulfonasi, dan klorinasi, dapat digunakan untuk mengidentifikasi proses kimia yang berbeda. Proses termal, elektrokimia, dan fotokimia adalah beberapa cara sumber energi dapat diproduksi (Turton et al., 2002). Faktor-faktor lain yang memengaruhi klasifikasi proses kimia melibatkan jumlah tahapan, perlakuan panas, dan jenis katalisis yang digunakan.



Gambar 10.1. Ruang Lingkup Kimia Industri
(Sumber: Kusumaningsih, 2017)

Industri kimia berasal dari penggabungan kata "industri" serta "kimia". Industri mengacu pada siklus yang mengganti komponen yang tidak dimurnikan menjadi barang yang memiliki nilai atau kegunaan tambahan. Barang-barang ini dapat langsung dilibatkan oleh pembeli sebagai klien akhir dan disebut sebagai "hasil akhir". Selain itu, barang-barang ini juga dapat menjadi bahan mentah untuk berbagai usaha, yang dikenal sebagai "produk antara". Komponen mentah yang digunakan dalam industri kimia dapat diperoleh melalui berbagai cara, termasuk pertambangan, petrokimia, siklus pertanian, atau sumber lain (Darni, dkk, 2019).

10.2 Klasifikasi dan Ciri Industri Kimia

10.2.1 Klasifikasi Industri Kimia

Baik bahan baku utama yang digunakan maupun produk utama yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan industri kimia. Hasilnya, industri kimia anorganik dan industri kimia organik adalah dua pengelompokan utama. Sementara sektor kimia organik berat menciptakan petrokimia, polimer, bahan bakar minyak bumi, dan bahan sintetis lainnya, sektor kimia anorganik berkonsentrasi pada pemrosesan dan sintesis bahan kimia anorganik. Sebaliknya, sektor kimia organik ringan menciptakan bahan kimia khusus termasuk cat, insektisida, sabun, deterjen, obat-obatan, kosmetik, dan sejenisnya (Sabara dan Mahfud. 2018).

Klasifikasi industri kimia juga dapat dilakukan berdasarkan skala produksi dan tingkat nilai tambah. Dengan mengikuti kriteria tersebut, terdapat tiga klasifikasi utama:

1. Bahan Kimia Komoditas

Bahan kimia komoditas merujuk pada produk dengan nilai rendah yang dibuat dalam jumlah besar, paling utama lewat proses berkelanjutan. Bahan kimia ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan umum dalam jumlah besar.

2. Bahan Kimia Khusus

Bahan kimia khusus didefinisikan sebagai produk atau senyawa kimia bernilai tinggi yang diproduksi dalam jumlah kecil untuk aplikasi akhir tertentu. Karena dibuat dalam jumlah kecil dan dipasarkan untuk penggunaan tertentu dengan nilai tambah yang signifikan, barang-barang ini dikenal sebagai bahan kimia khusus.

3. Bahan Kimia Halus

Bahan kimia halus biasanya mencakup sekitar 2% dari total bahan baku. Sementara bahan baku komoditas menyumbang sekitar 80%, dan bahan kimia khusus sekitar 18%.

10.2.2 Ciri-Ciri Industri Kimia

Proses industri berskala besar, padat modal, dan didasarkan pada teknologi mutakhir yang telah terbukti. Lokasi dipilih dekat dengan sumber bahan baku yang mandiri, sering kali di daerah yang belum berkembang. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan yang matang di setiap langkah pertumbuhan, mulai dari perencanaan hingga operasi. Selain itu, diperlukan strategi untuk pemukiman, pengembangan ekonomi, upaya untuk mencegah kerusakan lingkungan, dan hal-hal lainnya.

Pembangunan industri ini berpotensi menimbulkan transformasi dalam area, baik dari segi sosial, ekonomi, ataupun budaya, dan bisa menimbulkan pencemaran. Transformasi ini mencakup transformasi dalam tatanan sosial, pola konsumsi, ciri alam, sikap, habitat fauna, keadaan permukaan tanah, sumber air, penurunan kualitas udara, serta pengecilan sumber daya alam

lainnya (Darni, dkk, 2019). Dengan dasar penjelasan tersebut, industri dapat bisa diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kelompok industri berdasarkan jumlah tenaga kerja
 - a. Industri hilir adalah kelanjutan dari proses industri hulu. Industri ini sering kali mengubah sumber daya setengah jadi menjadi barang jadi. Industri ini biasanya menggunakan teknologi yang sudah teruji dan berlokasi dekat dengan pasar. Industri ini memiliki dampak besar dalam penyerapan tenaga kerja.
 - b. Industri kecil tumbuh pesat baik di pedesaan maupun di perkotaan. Peralatannya cenderung sederhana. Sistem pengolahannya lebih sederhana meskipun dasar-dasar manufakturnya sebanding dengan sektor hilir. Pengelolaan limbah dan tata letak pabrik belum mendapatkan pertimbangan yang cukup. Mayoritas usaha kecil ini juga menyediakan lapangan pekerjaan yang cukup besar.
2. Kelompok industri berdasarkan tingkat produksi yaitu industri berat (penggunaan mesin untuk produksi alat-alat berat), industri ringan (penggunaan mesin untuk memproduksi barang jadi), industri dasar (industri yang menggunakan mesin-mesin untuk memproduksi bahan baku bagi industri lainnya), serta industri rumah tangga (industri yang menghasilkan kerajinan tangan).
3. Kategori industri menurut sifat kegiatan, seperti industri logam dasar (yang memproses logam dan melakukan produksi dasar), industri aneka (yang memproduksi berbagai komoditas untuk umum), industri kimia dasar (mengolah bahan mentah menjadi bahan baku), industri kecil (industri dengan jumlah tenaga kerja dan modal sedikit dengan teknologi sederhana).

10.3 Bahan Baku untuk Industri Kimia

Hasil dari industri kimia tergantung pada ketersediaan bahan baku. Seluruh senyawa kimia memanfaatkan komponen mentah yang bisa ditemukan di alam. Perubahan harga bahan mentah tergantung pada aksesibilitas. Oleh sebab itu,

pengembangan industri kimia yang sangat besar disesuaikan dengan ketersediaan bahan mentah yang banyak jumlahnya di habitat aslinya (Mahfud, 2012). Bahan baku ialah kebutuhan mendasar dalam siklus produksi, karena merupakan bahan yang akan diolah menjadi barang jadi serta memiliki nilai guna. Pada tahap pembuatan, pertimbangan unik harus diberikan pada keadaan bahan alami untuk disesuaikan dengan keadaan fungsional unit reaksi. Dalam keadaan unit ini, unit pengaturan bahan mentah dapat terdiri dari peralatan berbeda yang mempunyai kemampuan untuk mengubah keadaan bahan alami sehingga menyesuaikan dengan keadaan ideal. Unit ini umumnya berfungsi pada awal interaksi produksi untuk mengkondisikan bahan baku (Tim Astrapedia. 2022).

10.4 Proses di Industri Kimia

Pengetahuan mengenai proses industri kimia menjadi kebutuhan penting untuk mahasiswa yang akan terlibat dalam pengoperasian dan perancangan pabrik kimia. Mereka yang bekerja sebagai perancang pabrik kimia diharapkan dapat menggunakan informasi berbasis literatur untuk membuat desain proses kimia untuk keperluan industri, yang kemudian digambarkan dalam diagram alir proses. Sementara itu, mereka yang bekerja di bagian operasional pabrik kimia harus terampil dalam menjalankan fasilitas dan mengelola reaksi kimia yang terjadi berkat berbagai mesin industri. Untuk mengatur proses kimia di industri, sangat penting juga untuk memahami bagaimana variasi suhu, tekanan, konsentrasi pereaksi, rasio pereaksi, dan katalis mempengaruhi pencapaian konversi proses kimia (Mahfud, 2012).



Gambar 10.2. Proses produksi di Industri Kimia
(Sumber: Tim Astrapedia, 2022)

Proses produksi terdiri dari serangkaian tindakan terorganisir yang dilakukan untuk mencapai tujuan tertentu. Tujuan yang berpusat pada produktivitas, efisiensi, dan efektivitas diperlukan untuk menjamin kelancaran produksi. Dalam industri kimia, bahan baku digunakan sebagai input untuk memulai proses produksi. Untuk menciptakan output yang diinginkan, bahan-bahan mentah ini kemudian dimasukkan ke dalam sejumlah proses produksi industri. Hasil akhir dari seluruh proses produksi adalah produk (Tim Astrapedia, 2022).

10.4.1 Peristiwa Kimia

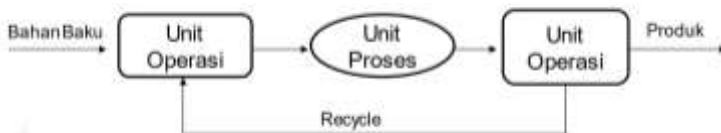
Sektor industri yang dikenal sebagai "industri proses kimia" menggunakan berbagai proses kimia untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Reaksi kimia dan perubahan fisik adalah proses kimia yang lazim dalam bisnis ini. Kombinasi molekuler bahan dengan berbagai formula dan struktur molekul, transisi fase termasuk penguapan, kondensasi, dan kristalisasi, dan pemisahan campuran menjadi konstituen yang lebih murni adalah beberapa contoh fenomena kimia fisik. Industri yang menggunakan proses kimia ini termasuk pabrik gula, yang menggunakan reaksi kimia fisik seperti transisi fasa dan pemisahan campuran, dan pabrik etilena, yang menggunakan berbagai proses kimia seperti reaksi oksidasi dan reduksi (Darni, dkk., 2019). Industri kimia dasar, pengolahan minyak bumi, petrokimia, pengolahan logam, oleokimia, agrokimia, makanan dan minuman, bahan peledak, pulp dan kertas, semen, keramik, karet, kulit, dan plastik hanyalah beberapa industri yang berada di bawah payung industri kimia secara keseluruhan. Ini mencakup industri petrokimia, cat, polimer, farmasi, agrokimia, dan oleokimia. Reaksi kimia diperlukan untuk menciptakan zat-zat baru. Contoh lain dari proses kimia termasuk distilasi, transformasi panas, dan pemisahan berdasarkan karakteristik seperti kelarutan atau muatan ion. Untuk menciptakan bahan, bahan kimia, dan senyawa kimia yang dapat digunakan sebagai barang jadi atau sebagai bahan baku untuk industri lain, industri ini memproses bahan baku yang berasal dari pertambangan, pertanian, dan sumber-sumber lainnya. Faktor-faktor krusial dalam industri ini meliputi keahlian tenaga kerja, bahan baku, peralatan, dan energi.

10.4.2 Teknologi Proses

Karena teknologi membuat tugas sehari-hari menjadi lebih mudah untuk diselesaikan, istilah "teknologi" mengacu pada penerapan ilmu pengetahuan untuk meningkatkan kehidupan manusia. Sementara itu, istilah "proses" sering kali merujuk pada transformasi input-dalam hal ini, bahan mentah-menjadi output-produk-melalui serangkaian prosedur.

Melalui penggunaan teknologi proses, pengelolaan sumber daya alam Indonesia menghasilkan berbagai macam barang yang dibutuhkan masyarakat, termasuk sandang, pangan, kesehatan, papan, pendidikan, dan sumber energi. Setiap industri mengimplementasikan sumber daya mentah atau bahan baku yang diolah dengan menggunakan energi melalui urutan proses pengolahan yang terhubung secara logis untuk menghasilkan produk yang diinginkan selama proses manufaktur.

Tahapan pengolahan secara kimiawi maupun fisik dapat dilakukan. Wilayah di mana bahan baku melalui pemrosesan awal, konversi, pemisahan produk dari produk sampingan, pemurnian produk, dan titik masuk dan keluar untuk utilitas seperti uap dan air pendingin, semuanya tercermin dalam rencana proses kimia (Mahfud, 2012). reaksi kimia meliputi sintesis, kalsinasi, pertukaran ion, elektrolisis, oksidasi, dan hidrasi. Reaksi-reaksi tersebut juga mencakup kegiatan yang didasarkan pada fenomena fisik seperti ekstraksi, distilasi, penguapan, dan kristalisasi. Oleh karena itu, seperti yang terlihat dalam skema pada gambar 10.3, proses kimia dapat berupa proses unit atau kumpulan dari beberapa proses unit yang digunakan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk akhir dengan menggabungkan proses kimia dan fisika (unit operasi).



Gambar 10.3. Skema umum proses dalam industri kimia
(Sumber: Mahfud, 2012)

Bahan baku melewati sejumlah langkah pemrosesan fisik (unit operasi) seperti homogenisasi/pengurangan ukuran, penyaringan, dan pemurnian sebelum memasuki unit proses (reaksi kimia). Hal ini mempersiapkannya untuk melalui reaksi kimia di dalam reaktor. Untuk mendapatkan hasil akhir yang diinginkan, produk juga perlu menjalani proses tambahan, seperti pemisahan dan pemurnian (Mahfud, 2012).

10.4.3 Utilitas Pabrik

Sistem reagen dan sistem proses pemisahan dan pemurnian adalah dua sistem proses utama pabrik. Kondisi operasi pada tekanan dan suhu tertentu diperlukan untuk kedua sistem tersebut. Panas biasanya disimpan dalam fluida di dalam pabrik yang dijaga pada suhu dan tekanan tertentu. Uap air dan air panas sering digunakan sebagai fluida karena kapasitas panasnya yang besar dan biayanya yang rendah. Untuk keadaan pertukaran panas pada suhu di atas 100 ° C pada tekanan atmosfer, fluida lain digunakan (Darni, *et al*, 2019).

10.4.4 Perawatan Peralatan Produksi

Salah satu faktor terpenting dalam menjaga kelangsungan proses manufaktur yang bersaing di pasar adalah pemeliharaan peralatan produksi. Hal ini dikarenakan produk yang dihasilkan industri harus berkualitas tinggi, memiliki biaya yang terjangkau, dan mampu menjangkau pelanggan dengan cepat. Oleh karena itu, dibutuhkan peralatan yang dapat diandalkan dan selalu beroperasi untuk proses produksi. Oleh karena itu, perawatan teratur dan terencana terhadap peralatan produksi menjadi suatu kebutuhan. Perawatan ini mencakup berbagai tindakan untuk menjaga dan memperbaiki barang jika mengalami kerusakan (Tim Astrapedia, 2022).

1. Jenis Peralatan

Ada beberapa jenis peralatan yang perlu diketahui dalam produksi industri kimia.

a. Peralatan untuk penyusutan ukuran

Proses penyusutan ukuran dilakukan pada bahan padat. Ukuran bahan mempengaruhi luas permukaannya,

yang pada gilirannya memengaruhi kecepatan reaksi. Semakin kecil ukuran bahan, semakin besar luas permukaannya. Kecepatan reaksi dipengaruhi oleh luas permukaan bahan. Beberapa contoh peralatan untuk penyusutan ukuran adalah sebagai berikut:

- 1) Crusher adalah alat yang digunakan untuk menghancurkan material menjadi partikel-partikel besar.
- 2) Grinder adalah jenis alat penggiling yang digunakan untuk membuat partikel yang lebih kecil.

b. Peralatan untuk proses pemisahan

Dalam industri kimia, kontaminan harus dipisahkan dari bahan mentah melalui proses karena komponen-komponen ini sering kali tidak cukup murni untuk memenuhi kriteria. Selain itu, reaksi kimia dapat menghasilkan produk samping, sehingga diperlukan peralatan untuk pemisahan guna mendapatkan produk sesuai spesifikasi. Beberapa contoh peralatan pemisahan di industri kimia termasuk:

- 1) Partikel besar dan kecil disaring dengan menggunakan filter.
- 2) Penyuling digunakan untuk memisahkan cairan menurut sifat-sifat tertentu.

Dalam hal ini, prosedur penyulingan dilakukan dalam bejana silinder yang panjang. Sampai uap dan cairan mencapai keseimbangan, uap yang dipanaskan akan naik ke atas dan bersentuhan dengan cairan yang turun dari tahap tertinggi.

c. Peralatan pengubah fase

Bahan baku dan produk dalam industri kimia dapat berwujud padat, cair, atau gas. Peralatan ini diperlukan untuk mengubah fase bahan agar sesuai dengan kondisi operasi dan spesifikasi reaktor yang akan digunakan. Contoh peralatan pengubah fase pada industri kimia meliputi:

- 1) Evaporator adalah alat pemindah panas yang memisahkan salah satu komponen dari kombinasi yang tidak diinginkan untuk memekatkan larutan.
 - 2) Untuk menghilangkan panas dari fluida, kondensor adalah alat pemindah panas.
- d. Peralatan pengubah kondisi operasi

Industri kimia menggunakan proses reaksi yang membutuhkan parameter operasi tertentu, termasuk tekanan dan suhu, agar efektif. Secara umum, bahan akan merespons lebih cepat di bawah suhu dan tekanan tinggi. Penyimpanan produk dan bahan baku juga memerlukan kondisi operasi tertentu. Contoh peralatan yang memodifikasi kondisi operasi meliputi yang berikut ini:

- 1) Pemanas adalah peralatan yang digunakan untuk menghangatkan fluida.
 - 2) Pendingin adalah peralatan yang digunakan untuk mendinginkan fluida. Pendingin industri kimia adalah tangki silinder yang panjang dengan tinggi kolom yang lebih tinggi daripada diameter. Distilasi, absorpsi, ekstraksi cairan ke dalam bentuk cair, dan ekstraksi gas ke dalam bentuk cair adalah proses yang membutuhkan pendingin.
 - 3) Kompresor adalah perangkat yang bekerja dengan mengurangi volume gas atau uap untuk menaikkan tekanannya.
 - 4) Penukar panas adalah mesin yang digunakan untuk memindahkan panas dari fluida melalui kontak tidak langsung.
- e. Peralatan transportasi

Untuk memindahkan sumber daya dari satu lokasi ke lokasi lain, diperlukan peralatan transportasi. Peralatan tersebut perlu disesuaikan dengan tahap kargo yang perlu dipindahkan. Barang-barang berikut ini termasuk dalam peralatan transportasi industri kimia:

- 1) Alat dengan bentuk melingkar yang berfungsi sebagai saluran pemindahan fluida adalah pipa.

- 2) Katup adalah alat yang menjalankan dan mengatur laju aliran fluida. Katup yang sering terletak pada pipa ini dapat berbentuk manual, pneumatik, atau elektronik tergantung pada sistem pengoperasiannya.
 - 3) Pompa adalah alat yang menggunakan energi sebagai daya dorong untuk memindahkan fluida dari satu lokasi ke lokasi lain.
- f. Peralatan pencampur (mixing)
- Untuk mencampur bahan, Anda memerlukan peralatan pencampur. Fase bahan yang digabungkan bisa sama atau berbeda. Sebagai bagian utama dari mesin dalam reaksi kimia, reaktor digunakan untuk melakukan reaksi dan menghasilkan produk yang diperlukan. Kondisi di dalam reaktor harus optimal untuk operasi dan reaktor harus disesuaikan dengan fase bahan yang bereaksi.

2. Tujuan Perawatan

Perawatan pada peralatan produksi memiliki sejumlah tujuan, antara lain:

- a. Memperpanjang usia aset industri;
- b. Menjamin kesiapan operasional semua peralatan yang dibutuhkan dalam keadaan darurat sewaktu-waktu;
- c. Melindungi kesehatan dan keselamatan mereka yang menggunakan peralatan produksi; dan
- d. Memaksimalkan keuntungan dengan mengoptimalkan kinerja peralatan.

3. Jenis Perawatan

Berikut adalah beberapa jenis perawatan yang umumnya dilakukan oleh perusahaan terhadap peralatan produksinya.

- a. Perawatan korektif

Tujuan pemeliharaan korektif adalah untuk memulihkan dan meningkatkan kondisi mesin atau fasilitas ke tingkat yang sesuai. Untuk meningkatkan kaliber peralatan,

penyesuaian atau perubahan desain dapat dilakukan selama prosedur pemeliharaan ini.

b. Perawatan berjalan

Perawatan berjalan dilakukan saat peralatan produksi sedang beroperasi. Pada jenis perawatan ini, fokus diberikan pada peralatan yang harus terus beroperasi untuk mendukung proses produksi.

c. Perawatan prediktif

Tujuan pemeliharaan prediktif adalah untuk mengidentifikasi perubahan atau ketidakteraturan dalam struktur atau operasi peralatan. Untuk melakukan pemeliharaan ini, perangkat pemantauan atau sensor yang canggih biasanya digunakan. Saat memperbaiki peralatan yang rusak, menyiapkan tenaga kerja, persediaan, peralatan, dan suku cadang tambahan yang tepat sangatlah penting.

d. Perawatan darurat

Ketika kemacetan atau kegagalan yang tak terduga terjadi saat mesin atau fasilitas beroperasi, pemeliharaan darurat diperlukan. Mungkin tidak perlu mematikan fasilitas sepenuhnya untuk melakukan perbaikan ini.

10.5 Industri Kimia di Indonesia

Dengan memanfaatkan sumber daya gas alam dan mineral serta peluang pengembangan yang prospektif, industri kimia nasional telah berkembang sejak negara ini didirikan. Pusat-pusat pengembangan industri petrokimia, seperti Banten Olefin Center, merupakan tanda-tanda ekspansi penting di sektor kimia.

Revolusi Industri 4.0 akan segera dimulai, membawa revolusi digital di sejumlah domain industri. Dengan menggabungkan sistem yang dapat bekerja sama, memecahkan masalah, melacak prosedur, dan meningkatkan produktivitas industri komersial dan skala besar, era ini memungkinkan untuk mengotomatisasi peralatan. Karena sektor kimia telah lama menggunakan otomatisasi, sektor ini dianggap telah siap untuk merangkul era sektor 4.0. Mengingat ukuran dan kekayaan sumber

daya alamnya, Indonesia, sebagai kekuatan besar di ASEAN, menawarkan banyak prospek (Sulistiyan, 2021).

Beberapa contoh industri kimia di Indonesia mencakup berbagai skala, mulai dari yang sederhana hingga besar, antara lain:

1. Pembuatan kecap

Contoh industri kimia sederhana adalah produksi kecap, yang bahan dasarnya umumnya berasal dari kedelai hitam atau air kelapa. Industri gula menggunakan sumber gula dari nira kelapa atau batang tebu, dengan proses pengolahan melibatkan penggilingan, pemurnian nira, penguapan, kristalisasi, pemisahan, dan pengeringan (Mahfud, 2012).

2. Industri Gula

Di Indonesia, gula berasal dari dua sumber: cairan batang tebu dan cairan bunga (nira) kelapa atau enau. Bahan baku utama yang digunakan dalam industri gula di Indonesia adalah tanaman tebu, yang tumbuh secara alami di seluruh nusantara, terutama di wilayah timur. Sejumlah langkah terlibat dalam proses produksi gula dari tebu, termasuk menggiling tebu, memurnikan nira mentah, menguapkan nira encer, mengkristalkan nira kental, memisahkan kristal, dan mengeringkan kristal (Darni, dkk., 2019).

3. Industri Pulp dan Kertas

Bahan baku yang mengandung selulosa digunakan untuk membuat pulp. Seiring dengan meningkatnya konsumsi pulp dan kertas, industri pulp dan kertas di Indonesia saat ini berkembang pesat. Karena keunggulan komparatif yang dimiliki Indonesia, termasuk hutan yang luas dan potensial sebagai sumber kayu mentah, sektor industri ini akan terus berkembang. Dengan adanya program pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI), potensi ini semakin meningkat. Selain itu, bahan baku serat non-kayu juga banyak tersedia. Saat ini, Indonesia memiliki enam belas pabrik pulp yang memproduksi pulp serat panjang dan pendek, dan tujuh puluh empat pabrik kertas yang memproduksi kertas koran, kertas tulis cetak, kertas industri, dan kertas rumah tangga. Sejumlah lokasi, termasuk Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa

Timur, Sumatera Selatan, Lampung, Riau, Jambi, Sumatera Utara, Aceh, dan Kalimantan, merupakan tempat berdirinya industri-industri tersebut. Ekspansi industri pulp dan kertas yang cepat menyoroti kebutuhan akan tenaga kerja yang profesional dan terlatih dengan latar belakang akademis yang memadai di bidang teknologi pulp dan kertas (Darni, et al., 2019).

Serat selulosa menjadi bahan utama dalam produksi pulp, dan sebagian besar serat selulosa diperoleh dari kayu. Kayu ini dapat dibedakan menjadi dua jenis, yakni kayu keras (*hardwood*) dan kayu lunak (*softwood*), serta berasal dari beberapa tumbuhan lainnya. Proses pembuatan pulp dan kertas melibatkan penggunaan bahan kimia khusus, seperti klorin dioksida untuk proses pemutihan pulp. Chemical plant memiliki tanggung jawab dalam menyediakan bahan kimia yang diperlukan untuk proses produksi pulp dan kertas (Darni, dkk, 2019).

4. Industri Pupuk

Zat yang disebut pupuk diberikan ke tanah atau media tanam untuk membantu tanaman berkembang secara sehat dengan menyediakan nutrisi yang mereka butuhkan. Mineral atau bahan organik dapat digunakan sebagai pupuk. Pupuk terdiri dari komponen-komponen seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), dan elemen-elemen lain yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sementara pupuk mineral adalah produk buatan yang dibuat dalam jumlah besar di pabrik-pabrik pupuk kimia, kompos adalah contoh pupuk organik (Sabara dan Mahfud, 2018).

Pupuk UREA, pupuk amonium sulfat (ZA), pupuk triple super fosfat (TSP) atau pupuk super fosfat (SP-36), dan pupuk NPK merupakan beberapa jenis pupuk kimia yang diproduksi di Indonesia. Jenis-jenis pupuk ini dapat dikategorikan berdasarkan:

a. Sumber bahan pembuatannya

Berdasarkan sumber bahan pembuatannya, pupuk dapat dikelompokkan menjadi dua jenis:

- 1) Pupuk organik atau alami: terdiri dari semua pupuk yang berasal dari organ tanaman dan hewan atau limbah metabolisme.
 - 2) pupuk kimia atau pupuk buatan yang dibuat menggunakan bahan-bahan mineral.
 - b. Bentuk fisiknya
Ada dua jenis pupuk: cair dan padat. Pupuk cair ditawarkan dalam bentuk konsentrat atau cairan, sedangkan pupuk padat dijual dalam bentuk pelet, tablet, butiran, atau kristal. Pupuk cair disemprotkan langsung ke bagian tanaman, sedangkan pupuk padat biasanya disuntikkan ke dalam tanah atau media tanam.
 - c. Kandungannya
Pupuk dibagi menjadi dua kategori: pupuk majemuk dan pupuk tunggal. Pupuk majemuk mengandung dua atau lebih komponen penting, sedangkan pupuk tunggal hanya mengandung satu bahan utama, seperti nitrogen, fosfor, atau kalium.
5. Industri Semen
- Ketika dikombinasikan dengan air, zat yang dikenal sebagai semen dapat mengeras melalui proses yang dikenal sebagai hidrasi. Semen, setelah disemen, dapat bertahan saat terendam air tanpa kehilangan kekuatan atau stabilitasnya. Akibatnya, semen dicampur dengan bahan konstruksi lain seperti batu, pasir, batu bata, dan keramik untuk berfungsi sebagai pengikat saat membuat struktur bangunan seperti dinding, lantai, dan sebagainya.
- Semen portland, semen putih, semen alumina tinggi, semen terak, semen pozzolan, semen trass, dan semen alami adalah beberapa jenis semen yang saat ini tersedia. Semen dibuat dengan menggunakan batu kapur, pasir silika, tanah liat, dan pasir besi sebagai bahan dasar. Jenis semen yang akan dibuat menentukan komposisi bahan baku. Ada empat prosedur berbeda yang digunakan dalam pembuatan semen: proses basah, semi-basah, semi-kering, dan kering. Baik metode basah maupun kering sering digunakan di

Indonesia, namun proses kering lebih sering dipilih karena efisiensi energinya yang lebih tinggi (Mahfud, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Bartholome, E., Biekert, E., Hellmann, H. 1984. Ullmanns Encyklopadie der Technischen Chemie. 25. Wiley-VCH. ISBN 3-527-20000-2.
- Darni, Y., Lismeri, L., dan Darmansyah. 2019. Industri Proses Kimia. Buku ISBN: 978-602-5947-43-8. Penerbit Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Dittmeyer, R., Keim, W., Kreysa, G., Winnacker, K., Kuchler, L. Winnacker-KUchler: Chemische Technik: Methodische Grundlagen: Chemische Technik: Bd. 1. Wiley-VCH. ISBN 978-3-527-30767-8.
- Gambar Pupuk NPK. <https://petrosida-gresik.com/id/produk/pupuk/pupuk-npk-phonska-plus>.
- Kusumaningsih, R. 2017. <https://pembelajarkimiaindustri.blogspot.com/2017/12/pengenalan-kimia-industri.html>. Diakses pada tanggal 30 Oktober 2023.
- Mahfud dan Sabara, Z. 2018. Industri Kimia Indonesia. Yogyakarta: Penerbit Despublish.
- Mahfud. 2012. Pengantar Industri Kimia. Surabaya: PT. Revka Petra Media.
- Sulistiyani, W. 2021. Pengembangan Industri Kimia dalam Era Revolusi Industri 4.0. <https://www.kompasiana.com/windasulistiyani/61ab5d5775ead659ba0d6e62/pengembangan-industri-kimia-dalam-era-revolusi-industri-4-0>. Diakses pada tanggal 30 Oktober 2023.
- Tim Astrapedia, Wulandari, A., dan Azizah, D.N. 2022. Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri. Malang: PT. Dinamika Astrapedia Sejahtera.
- Turton, R., Bailie, R.C., Whiting, W.B., Shaeiwitz, J.S. 2002. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. Prentice Hall. ISBN 0-13-064792-6

BAB 11

APLIKASI KIMIA LARUTAN DALAM SEKTOR PANGAN

Oleh Andi Asdiana Irma Sari Yusuf

11.1 Penggunaan Kimia Larutan dalam Sektor Pangan

Penggunaan larutan dalam industri pangan memiliki peranan yang cukup penting, terutama dalam analisis kuantitatif untuk menentukan kadar zat dalam produk makanan. Analisis pangan merupakan sub bidang ilmu tersendiri mengenai teknik atau metode analitik dalam menentukan komponen-komponen yang terkandung dalam bahan pangan segar ataupun olahan (Purwangsih dan Fathurohman, 2022). Selain itu, larutan dapat digunakan untuk penentuan pH makanan dan minuman yang akan mempengaruhi rasa dan keamanan. Menurut Siregar, Chahaya, dan Marsaulina (2013), keamanan pangan masyarakat harus mendapat perhatian utama sehingga pangan yang berkualitas dan aman dapat diproduksi baik pada skala domestik maupun industri.



Gambar 11.1. Contoh Larutan Bahan Tambahan Pangan (BTP)
(Medicalogy Team, 2023)

Penggunaan larutan dalam sektor pangan baik berupa larutan kimia sintetik atau alami dapat dikategorikan sebagai Bahan Pangan Tambahan (BPT). Untuk dimasukkan sebagai kategori Bahan Tambahan Pangan (BTP), bahan atau komponen tambahan bukan merupakan kandungan atau bagian pangan secara alami melainkan ditambahkan ke dalam bahan pangan untuk mengubah sifat atau bentuk alami pangan untuk tujuan tertentu (Rahmatadjie, 2017). Contoh larutan yang sering digunakan sebagai Bahan Tambahan Pangan (BTP) dengan tujuan menambah lama penyimpanan pangan yaitu formalin (Gambar 11.1).

11.2 Titrasi Untuk Analisis Kuantitatif Bahan Pangan

Titration merupakan salah satu metode analisis kuantitatif yang sering dipakai untuk menentukan konsentrasi suatu zat dalam larutan. Metode ini mengacu pada pengukuran volume titran yang diperlukan untuk mencapai titik ekuivalen. Metode titrasi konvensional dianggap cukup akurat dan masih banyak digunakan (Indrajaya, Irfansyah dan Pirngadi, 2021), termasuk dalam menentukan jumlah zat tertentu pada bahan pangan. Di dalam titrasi diukur jumlah volume larutan dan zat reaktif hingga tercapai kesetimbangan kimia. Sama dengan titrasi pada umumnya, titrasi bahan pangan dilakukan dengan menggunakan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya dengan jelas dan menggunakan reagen yang sesuai. Proses titrasi bahan pangan terdiri atas beberapa tahap antara lain:

1. Persiapan sampel

Sampel bahan pangan disiapkan terlebih dahulu dengan metode penggilingan atau penghalusan sampel. Metode persiapan bergantung pada jenis bahan pangan yang akan dianalisis. Tahap penggilingan atau penghalusan sampel diperuntukkan untuk bahan pangan berukuran besar dan tidak seragam

2. Persiapan larutan standar

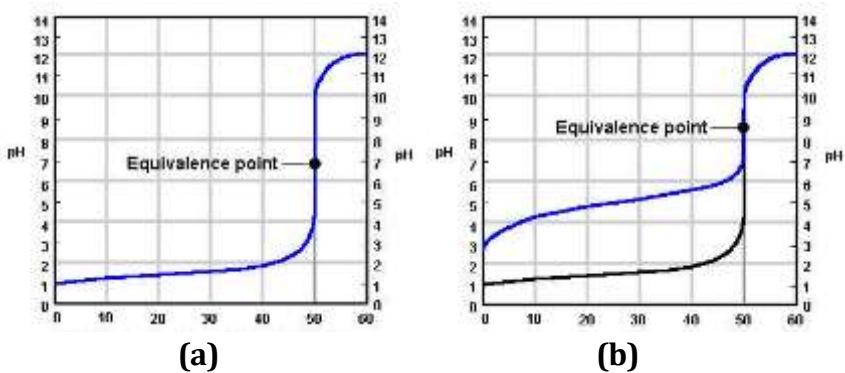
Larutan standar yang akan digunakan untuk titrasi harus disiapkan dengan teliti dengan konsentrasi yang telah diketahui dengan pasti sehingga hasil titrasi akurat.

3. Penambahan indikator

Indikator kimia ditambahkan ke dalam sampel bahan pangan untuk membantu mendeteksi titik akhir titrasi. Indikator ini akan mengubah warna larutan ketika titrasi mencapai titik akhir.

4. Titik akhir

Menurut Nadia (2023), titik akhir ditandai dengan perubahan warna dan dapat diukur menggunakan zat penunjuk atau indikator. Pada saat titik akhir tercapai maka gram ekuivalen dari titran sama dengan gram ekuivalen zat yang dititrasi.



Gambar 11.2. Kurva Titik akhir titrasi atau titik ekuivalen (a) NaOH 0.1 M dan HCl 0.1 M (b) NaOH 0.1 M dan C₂H₄O₂ 0.1 M (<https://groups.chem.ubc.ca>, 2023)

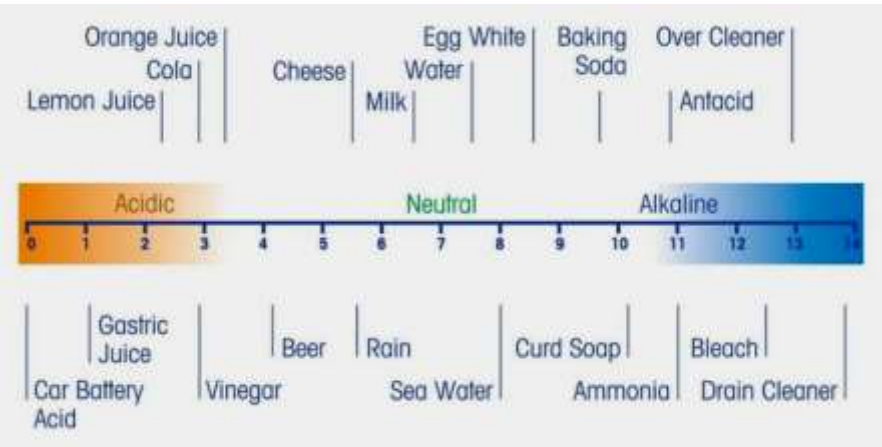
5. Penghitungan konsentrasi

Setelah titrasi selesai, konsentrasi zat dalam sampel bahan pangan dapat dihitung dengan menggunakan volume larutan standar yang masuk ke dalam analit selama proses titrasi. Titrasi bahan pangan diperlukan dalam industri pangan untuk memastikan kualitas dan keamanan produk. Dari metode titrasi dapat diketahui kandungan asam lemak dalam minyak, kandungan garam dalam makanan, atau kandungan vitamin dalam makanan.

11.3 Penentuan pH Pada Makanan Dan Minuman

Secara alami, makanan dan minuman dapat bersifat asam, akan tetapi keasaman bahan pangan dapat juga disebabkan oleh pemrosesan dan pengolahan. Nilai pH produk pangan yang rendah dapat membatasi pertumbuhan mikroba seperti bakteri gram positif. Produk pangan yang steril dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama dengan suhu ruang (Saidi dan Wulandari, 2019).

Pengujian tingkat keasaman diperlukan untuk mengetahui produk pangan sesuai regulasi dan aman dikonsumsi oleh konsumen. Atas dasar alasan tersebut maka tes keasaman sangat penting. pH sendiri sebagai ukuran yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan. Skala pH berkisar dari 0- 14. Asam dengan pH <7, netral pada pH 7 dan basa memiliki pH >7 (Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik Dan Kimia: SNSU PK.K_01:2022).



Gambar 11.3. Keasaman Makanan dan Minuman
(Mettler Toledo, 2023)

Untuk menentukan pH pada makanan dan minuman, beberapa metode yang umum digunakan adalah:

1. Kertas lakmus

Penggunaan kertas lakmus merupakan metode yang sederhana dan murah dalam penentuan pH. Kertas ini berubah warna ketika terkena larutan dengan pH asam atau basa. Kertas

lakmus merah berubah menjadi biru di lingkungan basa, sementara kertas lakmus biru berubah menjadi merah di lingkungan asam. Wibowo dan Ali (2019) memaparkan bahwa kekurangan metode ini terletak pada kemampuan manusia membandingkan warna kertas lakmus dan hasil pengukuran tidak sampai pada satu digit angka di belakang koma sehingga dapat menimbulkan kekeliruan dalam tindak lanjut penanganan.

2. Elektroda pH

Elektroda pH lebih akurat untuk menentukan pH. Elektroda pH terdiri dari elektroda kaca yang terisi dengan larutan elektrolit khusus, yang dapat menghasilkan sinyal listrik yang proporsional pada penentuan pH larutan. Sinyal tersebut kemudian dibaca oleh pH meter dan memberikan pembacaan berupa numerik pH. Menurut Desmira, Aribowo dan Pratama (2018), pH yang terbaca berdasarkan perbedaan potensial dari dua elektroda karena adanya pertukaran ion positif (H^+). Ketika tidak terjadi beda potensial maka pH 7 (netral), pH < 7 untuk kondisi potensial elektroda kaca lebih positif dibanding elektroda referensi sehingga sistem terbaca negatif, sebaliknya pH > 7 untuk kondisi potensial elektroda kaca lebih negatif daripada elektroda referensi menyebabkan sistem terbaca positif.



Gambar 11.4. Elektroda Kaca

3. Indikator pH

Indikator pH adalah senyawa kimia yang berubah warna sesuai dengan sifat asam atau basa pH larutan. Misalnya, fenolftalein berubah warna dari tidak berwarna menjadi merah muda di lingkungan basa (Agustina dkk, 2022). Indikator pH dapat digunakan dalam bentuk cairan atau kertas indikator untuk menentukan pH pada makanan dan minuman.

pH dapat mempengaruhi rasa, kualitas, dan daya tahan produk, misal pada pH rendah atau dengan keasaman tinggi dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan memperpanjang umur simpan makanan. Sebaliknya, pH yang tinggi dapat mengubah rasa dan tekstur produk. pH dapat berubah dengan cepat diakibatkan oleh pengaruh lingkungan.

Asiah, Cempaka, dan David (2018) menyatakan bahwa perubahan pH t dapat teratasi dengan penambahan penyangga (buffering). Makanan dengan kapasitas penyangga rendah akan mengalami perubahan pH yang cepat ketika terjadi produksi senyawa asam atau basa oleh mikroorganisme, sedangkan makanan dengan kapasitas penyangga tinggi akan lebih tahan terhadap perubahan pH tersebut.

11.4 Ekstraksi Untuk Memisahkan Komponen-Komponen Dalam Produk Pangan

Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen-komponen yang melibatkan operasi pengkontakan (pencampuran) dan pemisahan (Berk, 2009) dalam produk pangan menggunakan pelarut tertentu. Metode ini digunakan untuk mendapatkan zat-zat yang diinginkan dari bahan pangan, seperti minyak, aroma, pigmen, atau senyawa bioaktif lain. Berikut adalah beberapa teknik ekstraksi yang umum digunakan dalam pemisahan komponen dalam produk pangan:

1. Ekstraksi padat-cair (*solid-liquid extraction*)

Ekstraksi padat-cair mampu memisahkan berbagai komponen organik dari bahan alami (Usenko dkk, 2013). Metode ini digunakan ketika komponen yang diinginkan terdapat dalam bahan padat, misalnya biji kopi atau rempah-rempah. Bahan padat dilarutkan dalam pelarut yang sesuai, seperti air atau pelarut organik, kemudian difiltrasi untuk memisahkan larutan dari padatan. Larutan tersebut kemudian diuapkan untuk mendapatkan komponen yang diinginkan.

2. Ekstraksi cair-cair (*liquid-liquid extraction*)

Berk (2018) menyatakan bahwa ekstraksi cair-cair sebagai proses pemisahan zat dari satu pelarut ke pelarut yang lain, kedua pelarut tidak dapat saling campur atau bercampur

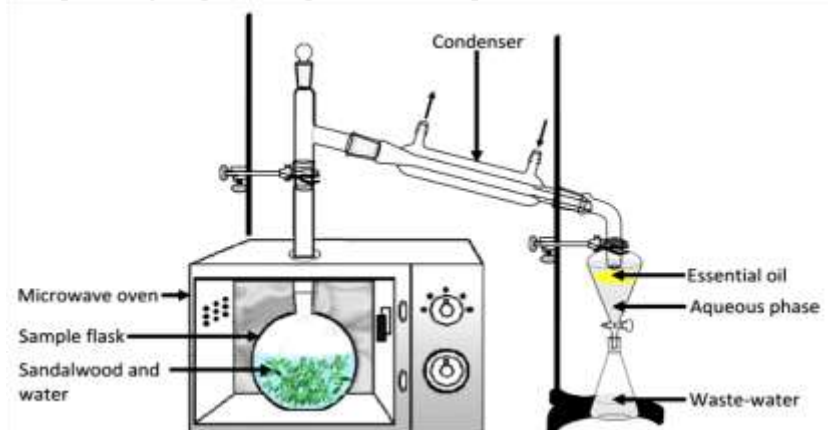
sebagian. Metode ini digunakan ketika komponen yang diinginkan terdapat dalam fase cair, misalnya minyak dalam air atau aroma dalam minyak. Dalam metode ini, pelarut yang kompatibel dengan komponen yang diinginkan ditambahkan ke dalam produk pangan. Larutan ekstraksi kemudian dipisahkan dari produk pangan dan diuapkan.

3. Ekstraksi superkritis (*supercritical fluid extraction*)

Metode ini menggunakan pelarut superkritis, yaitu zat yang berada dalam kondisi dan tekanan di atas titik kritis. Ekstraksi superkritis digunakan untuk mengekstraksi komponen-komponen pada pangan dengan peningkatan daya kelarutan gas, sebagai contoh ekstraksi karotenoid dari sampel makanan dengan pelarut gas CO₂ yang memiliki temperatur kritis yang rendah, tidak bersifat toksik. Nonflammable, harga terjangkau, dan dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Pelarut superkritis dapat dengan mudah diuapkan sehingga tidak meninggalkan residu pada produk pangan (Camara dkk., 2013)

4. Ekstraksi *mikrowave* (*microwave-assisted extraction*)

Metode ini menggunakan energi *mikrowave* untuk mempercepat ekstraksi. Produk pangan dicampur dengan pelarut, kemudian dipaparkan pada radiasi *mikrowave*. Proses ini menghasilkan peningkatan suhu dan tekanan dalam campuran, yang meningkatkan kecepatan ekstraksi.



Gambar 11.5. Skema representasi Ekstraksi Microwave (Kusuma dan Mahfud, 2016)

Menurut Fitri dan Widyastuti (2020), metode ekstraksi microwave banyak digunakan berdasarkan pertimbangan kurangnya dampak bagi lingkungan, proses yang singkat, pemakaian pelarut yang hemat, kemurnian produk lebih tinggi

5. Ekstraksi fermentasi (*fermentation extraction*)

Ekstraksi fermentasi menggunakan pelarut organik untuk memisahkan komponen tertentu dari *broth* fermentasi (Yang, 2007), seperti proses fermentasi lain metode ini juga melibatkan penggunaan mikroorganisme untuk memecah dan mengubah komponen dalam produk pangan. Selama proses fermentasi, mikroorganisme menghasilkan enzim dan metabolit yang dapat mengubah struktur dan komposisi produk pangan. Setelah fermentasi selesai, komponen yang diinginkan dapat dipisahkan dari produk pangan.

Metode ekstraksi yang dipilih tergantung pada karakteristik produk pangan dan komponen yang ingin diekstraksi. Proses ekstraksi harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan standar keamanan pangan untuk memastikan produk yang dihasilkan aman dan berkualitas.

11.5 Teknologi Pengolahan Pangan Dengan Pemanfaatan Larutan Untuk Memperpanjang Umur Simpan

Larutan dalam teknologi pengolahan pangan dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk. Berikut beberapa teknologi pengolahan pangan yang menggunakan larutan dengan tujuan mengawetkan bahan pangan:

1. Pengawetan oleh pengasaman (*acidification*)

Larutan asam seperti asam sitrat, asam laktat, atau asam asetat dapat digunakan untuk mengasamkan produk pangan. Keasaman yang dihasilkan oleh larutan ini dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang merugikan dan menghambat kerusakan produk. Contoh penggunaan larutan asam dalam pengawetan makanan yaitu pada pembuatan acar (Ayustaningwarno, Rustanti Afifah, dan Anjani, 2020).

2. Pengawetan oleh pengasaman dan pemanasan (*acidification and heating*)

Pengolahan bahan pangan menggunakan asam dapat digabungkan dengan metode pemanasan. Penggabungan kedua metode tersebut biasanya diterapkan pada pengolahan makanan kaleng. Produk pangan seperti jagung, nanas, dan berbagai bahan pangan yang perlu diawetkan dimasukkan ke dalam kaleng dan ditambahkan larutan asam sebelum pemanasan.

Menurut Rahmawati (2023), semakin tinggi suhu yang diberikan pada proses pemanasan, semakin banyak mikroba yang mati. Dalam proses pengalengan, pemanasan bertujuan untuk membunuh semua mikroba yang dapat menyebabkan makanan dalam kaleng menjadi busuk, baik selama penanganan maupun penyimpanan. Dalam proses pasteurisasi, pemanasan bertujuan untuk menghancurkan sebagian besar mikroba pembusuk, sementara mikroba yang masih hidup dan tersisa akan dihambat pertumbuhannya melalui penyimpanan pada suhu rendah atau dengan menggunakan bahan pengawet lainnya.

3. Pengawetan oleh pengasaman dan pengeringan (*acidification and drying*)

Larutan asam juga dapat digunakan dalam proses pengeringan yang ditujukan untuk memperpanjang umur simpan pangan. Misalnya, dalam pengolahan buah kering, buah direndam dalam larutan asam sebelum dikeringkan. Hal tersebut dapat mempengaruhi kinetika pengeringan dan kualitas buah yang dikeringkan. Keasaman membantu menghambat pertumbuhan bakteri sehingga bahan pangan dapat terawetkan lebih lama (Aghnihotri dan Joshi, 2016).

4. Pengawetan oleh pengasaman dan pengasapan (*acidification and smoking*)

Proses pengasapan dengan menggunakan larutan asam dapat membantu dalam pengawetan. Larutan asam seperti asam asetat ditambahkan ke dalam larutan pengasap untuk menghasilkan asap asam. Asap asam memiliki sifat antimikroba

sehingga menambah lama penyimpanan produk pangan (Ahdan dan Cullen, 2015).

Pemanfaatan larutan dalam teknologi pengolahan pangan untuk memperpanjang umur simpan produk sangat penting dalam menjaga kualitas dan keamanan pangan. Namun, perlu diperhatikan bahwa penggunaan larutan harus sesuai dengan standar keamanan pangan yang berlaku dan proses pengolahan harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kontaminasi silang atau penggunaan bahan kimia yang berlebihan (Javandmard dan Shahedi, 2015).

11.6 Reaksi Reduksi-Oksidasi Larutan Dalam Pengolahan Pangan

Penggunaan larutan redoks dalam pengolahan pangan dapat memberikan berbagai manfaat, tergantung pada tujuan penggunaannya. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan larutan redoks dalam pengolahan pangan:

1. Pemutihan

Larutan tertentu dapat digunakan sebagai pemutih dalam industri pangan. Untuk memutihkan produk pangan, seperti tepung, gula, atau produk olahan daging digunakan hidrogen peroksida dengan konsentrasi yang diperbolehkan. Hidrogen peroksida membantu menghilangkan noda dan pigmen yang akan mengubah warna produk. Aturan penggunaan hidrogen peroksida pada buah dan sayuran sesuai U.S. Food and Drug Administration (FDA) (2016), yaitu digunakan dalam mengkombinasikan dengan asam asetat membentuk asam peroksiasetat dan konsentrasinya tidak melebihi 59 ppm dalam air cucian.

2. Pembersihan dan sanitasi

Larutan oksidator seperti hidrogen peroksida selain digunakan sebagai pemutih dapat juga digunakan dalam pembersihan dan sanitasi produk pangan. Larutan hidrogen peroksida atau larutan natrium hipoklorit digunakan untuk membersihkan dan menghilangkan mikroorganisme (Channaiah dan Holley, 2019). Larutan ini membantu menghancurkan bakteri, virus, dan

jamur yang dapat menyebabkan kontaminasi pada produk pangan.

3. Pengawetan

Pengawetan bahan pangan adalah salah satu metode yang digunakan untuk memperpanjang umur simpan makanan. Bahan kimia yang umum digunakan sebagai pengawet makanan antara lain adalah pengawet sintetis seperti natrium benzoat, natrium nitrat, dan asam sorbat. Menurut Shaker, Fathy dan Marrez (2022), pengawetan dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Namun, proses pengawetan bahan pangan juga menimbulkan kekhawatiran terkait efek sampingnya terhadap kesehatan manusia, seperti alergi, keracunan dan efek berkepanjangan. Oleh karena itu, pemilihan metode pengawetan bahan pangan selain demi pertimbangan keuntungan industri pangan, sifat antimikroba tetapi juga harus memperhatikan dampak bagi kesehatan konsumen. Pemilihan cara dan bahan pengawet yang digunakan harus mematuhi regulasi dan batasan yang ditetapkan oleh otoritas kesehatan.

4. Perbaikan tekstur

Larutan tertentu seperti larutan asam askorbat digunakan untuk memperbaiki tekstur produk pangan. Larutan ini membantu memperbaiki kekuatan dan kekenyalan produk, seperti dalam pembuatan roti (Hruskova dan Novotna, 2018).

5. Antioksidan

Larutan antioksidan berguna dalam melindungi produk pangan dari kerusakan sebagai dampak proses oksidasi. Sebagai contoh, larutan ini membantu menghambat oksidasi lemak dan mempertahankan kualitas sensorik produk (Shahidi dan Zhong, 2015).

Penggunaan larutan dalam pengolahan pangan harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan standar keamanan pangan yang berlaku. Dosis dan konsentrasi larutan harus dikontrol dengan baik agar tidak melebihi batas yang ditetapkan dan tidak menyebabkan dampak negatif pada produk pangan. Selain itu, pemilihan larutan yang tepat juga harus mempertimbangkan faktor organoleptik, keamanan, dan kepatuhan terhadap regulasi pangan yang berlaku.

11.7 Teknik Pemurnian Bahan Pangan

Penerapan teknik pemurnian menggunakan larutan dapat membantu meningkatkan kualitas dan kebersihan produk pangan. Berikut beberapa teknik pemurnian bahan pangan yang dapat menjadi opsi dalam industri pangan:

1. Kristalisasi

Kristalisasi adalah teknik pemisahan zat terlarut dari pelarut dengan memanfaatkan perbedaan kelarutan pada suhu tertentu dan pada akhirnya membentuk struktur yang teratur berupa kristal. Zat terlarut dikristalkan dan dipisahkan dari pelarut melalui filtrasi atau sentrifugasi. Contoh penggunaan teknik ini yaitu pada produksi gula. Menurut Darni, Darmansyah dan Lismeri (2019), proses kristalisasi merupakan langkah pembentukan kristal gula. Sebelum dilakukan proses kristalisasi di dalam pan masak (*crystallizer*), sebagai tempat nira pekat hasil penguapan dipanaskan secara terus-menerus hingga mencapai kejenuhan, sehingga kristal gula terbentuk.

2. Ekstraksi

Metode ini melibatkan penggunaan pelarut yang tepat untuk mengekstraksi senyawa-senyawa yang diinginkan dari bahan pangan. Contoh ekstraksi senyawa bioaktif dari kopi (Oliveira dkk., 2019). Selain itu, dapat juga dilakukan ekstraksi minyak dari biji zaitun menggunakan larutan pelarut organik seperti heksana atau ekstraksi kafein dari biji kopi menggunakan air.

3. Penyaringan

Teknik ini melibatkan pemisahan partikel-padat dari cairan dengan menggunakan media penyaring seperti kertas saring atau kain kasa. Proses ini digunakan untuk memisahkan ampas atau padatan kasar dari cairan, seperti dalam pembuatan jus buah atau minuman. Misalnya, dalam proses penyaringan jus buah, larutan jus disaring untuk memisahkan ampas dan serat-seratnya (Silva, Santos, dan Oliveira, 2018).

4. Sedimentasi

Teknik ini melibatkan pengendapan partikel-padat dalam cairan dengan membiarkannya diam dalam waktu yang cukup lama. Partikel-padat yang lebih berat akan terendapkan di dasar wadah, sedangkan cairan yang jernih dapat diambil dari atas.

Sebagai contoh pengendapan sedimentasi *rice milk malt* beras merah (Octaviani, Pramono dan Pratama, 2020)

5. Dekantasi

Teknik dekantasi mirip dengan sedimentasi, namun menurut Deshmukh, Vishwakarma dan Kaushal (2022) proses dekantasi dilakukan dengan memisahkan cairan dan endapan. Alat yang digunakan bernama decanter dengan memanfaatkan kompartemen untuk memisahkan *slurry*.

6. Distilasi

Destilasi adalah pemisahan komponen-komponen dalam bahan pangan berdasarkan perbedaan titik didih. Bahan pangan dipanaskan hingga mencapai titik didih komponen yang diinginkan, kemudian uapnya dikondensasikan kembali menjadi cairan. Menurut Coldea, Mudur dan Socaciu (2017), destilasi sebagai metode tradisional yang digunakan untuk membuat minuman suling dengan melibatkan tanaman hasil fermentasi.

7. Sentrifugasi

Teknik sentrifugasi melibatkan pemisahan partikel-padat dari cairan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal (Stephenson, 2016 dan Berk, 2013). Cairan dan partikel-padat diputar dengan kecepatan tinggi, sehingga partikel-padat akan terdorong ke bagian luar dan cairan akan berada di bagian tengah. Proses ini digunakan dalam pemisahan endapan dalam susu atau pemurnian minyak kelapa sawit.

8. Pemurnian dengan reaksi reduksi-oksidasi

Reaksi reduksi-oksidasi merupakan reaksi kimia yang melibatkan perpindahan elektron antar molekul dimana molekul donor teroksidasi dan molekul penerima tereduksi (Hansen, 2018). Beberapa senyawa dalam bahan pangan dapat dioksidasi atau direduksi menggunakan larutan reaksi redoks untuk memisahkan dan memurnikan komponen-komponen tersebut. Contohnya, oksidasi asam askorbat dalam larutan yang dapat digunakan untuk memisahkan senyawa-senyawa yang mengandung logam berat dalam bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnihotri, R., & Joshi, S. G. 2016. Effect of acid pretreatment on drying kinetics and quality of dried fruits: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 1-12.
- Agustina, R., Rahma, S., Arni, Sandhira, A. C., dan Sukemi. 2022. Karakteristik Trayek pH Indikator Alami Dan Aplikasinya Pada Titrasi Asam Dan Basa
- Ahsan, N., dan Cullen, P. J. 2015. Effect of acidification on the antimicrobial activity of smoke condensates. *Food Control*, 50: 552-559.
- Ayustaningwarno, F., Rustanti, N., Afifah, D. N., dan Anjani, G. 2020. Teori dan Aplikasi Teknologi Pangan. Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro
- Berk, Z. 2013. Centrifugation in Food Process Engineering and Technology (Second Edition): 241-257, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415923-5.00009-5>
- Berk, Z. 2018. Chapter 11 - Extraction in Food Process Engineering and Technology (Third Edition): 289 - 310, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812018-7.00011-7>
- Camara, M., Sanchez-Mata, M. C., Fernandez-Ruiz, V., Camara, R. M., Manzoor, S., dan Caceres, J. O. 2013. Lycopene: A Review of Chemical and Biological Activity Related to Beneficial Health Effects. *Studies in Natural Products Chemistry*: 383 - 426. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59603-1.00011-4>
- Channaiah, L. H. dan Holley, R. A. 2019. Use of chlorine and hypochlorites in the food industry. *Food Control*, 105: 35-51
- Coldea, T. E. dan Socaciu, C. 2017. Advances in Distilled Beverages Authenticity and Quality Testing. Chapter Metrics Overview. DOI: 10.5772/intechopen.72041
- Darni, Y., Darmansyah, dan Lismeri, L. 2019. Industri Proses Kimia. Pusaka Media. Bandar Lampung
- Desmira, Aribowo, D., dan Pratama, R. 2018. Penerapan Sensor pH Pada Area Elektrolizer Di PT. Sulfindo Adiusaha. *Jurnal Prosisko* vol. 5 no. 1: 9 -12

- Direktorat Standar Nasional Satuan Ukuran Termoelektrik Dan Kimia. SNSU PK.K-01:2022. Panduan Pengukuran pH dengan Teknik Kalibrasi Dua Titik. Badan Standarisasi Nasional
- Fitri, A. C. K. dan Widyastuti, F. K. 2020. Perbandingan Metode Microwave Hydrodiffusion and Gravity (MHG) dan Microwave Steam Diffusion (MSDf) untuk Mengekstrak Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk (*Citrus aurantium* L.) . *Jurnal Teknik Kimia USU* vol. 9 no. 2: 41 -50
- Group Chem. 2023. Strong Acid-Strong Base Titrations (online): <https://groups.chem.ubc.ca/courseware/pH/section14/index.html> diakses pada tanggal 24 Nopember 2023 Pukul 12.26
- Hansen, E. B. 2018. Redox reactions in food fermentations. *Current Opinion in Food Science*, 19: 98 - 103. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.03.004>
- Hruskova, M. dan Novotna, D. 2018. Effect of ascorbic acid on the rheological properties of dough and bread quality. *Czech J. Food Sci.*, 21 (4): 137-144
- Indrajaya, I. R., Irfansyah, A. N. dan Pirngadi, H. 2021. Titrator Otomatis untuk Mengukur Kadar Kalsium Karbonat (CaCO_3) pada Batu Kapur. *Jurnal Teknik ITS* vol. 10 no. 2: 108 - 113
- Javanmard, M. dan Shahedi, M. 2015. Shelf life extension of fresh-cut watermelon using chitosan-based edible coating enriched with natural preservatives. *Food Chemistry*, 167: 115-122
- Kusuma, H. dan Mahfud, M. 2016. Preliminary study: Kinetics of oil extraction from sandalwood by microwave-assisted hydrodistillation. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 128(1):012009, <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/128/1/012009>
- Medicalogy Team. 2023. Hati-hati Zat Tambahan Makanan Ini Berbahay Bagi Kesehatan (online): <https://www.medicalogy.com/blog/hati-hati-zat-tambahan-makanan-ini-berbahaya-bagi-kesehatan/> diakses pada tanggal 4 Oktober 2023 Pukul 14.45.
- Mettler Toledo. 2023. Pengukuran Keasaman dalam Makanan: Penentuan Kandungan Asam yang Akurat dan Pengujian Keasaman di Laboratorium (online): <https://www.mt.com/>

- id/id/home/applications/laboratory/food-and-beverages/acidity-measurement.html diakses pada tanggal 15 Oktober 2023 pukul 18.16 WITA
- Nadia, L. 2023. Analisis Kadar Air Bahan Pangan (online): <https://pustaka.ut.ac.id/lib/wpcontent/uploads/pdfmk/PA-NG4423-M1.pdf>, diakses pada tanggal 13 Oktober 2023 pukul 11.21 WITA
- Octaviana, R. P. A., Prmono, Y. B. dan Pratama, Y. 2020. Indeks Sedimentasi, Viskositas, dan Sifat Sensoris Rice Milk Malt Beras Merah dengan Penambahan Bahan Penstabil dari Jenis yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan*, 4(1): 17–22
- Oliveira, F. A., Sousa, P. H., Figueiredo, E. A., Sousa, A. G., Sales, A. E., & Tavares, J. F. 2019. Extraction of bioactive compounds from coffee by-products: Process optimization, economic evaluation and extraction kinetics. *Industrial Crops and Products*, 128: 369-378
- Purwangsih, R. dan Fathurohman, F. 2022. Analisis Pangan Edisi 1. Subang: Polsub Press
- Rahmatadje. 2017. Pengertian dan Macam – Macam Bahan Tambahan Pangan (BTP) (online): <https://mallomo13.wordpress.com/2017/12/17/pengertian-dan-macam-macam-bahan-tambahan-pangan-btp/>, diakses pada tanggal 4 Oktober 2023 pukul 14.33 WITA
- Rahmawati, F. 2023. Pengawetan Makanan dan Permasalahannya. Jurusan Pendidikan Teknik Boga dan Busana. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta
- Saidi, A. dan Wulandari, F. E. 2019. Pengeringan Sayuran dan Buah-buahan. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Sidoarjo
- Shahidi, F. dan Zhong, Y. 2015. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. In *Oxidative stability and shelf life of foods containing oils and fats* (pp. 1-23). Woodhead Publishing
- Silva, D. F., Santos, T. A., & Oliveira, L. S. (2018). Filtration of fruit juices using different filter media: A comparative study. *Food Science and Technology*, 38(2): 289-295

- Siregar, L, B. Chahaya, I. dan Marsaulina, I. 2013. Analisis Kandungan Rhodamin B dan Pemanis Buatan (Sakarín) pada Buah Semangka (*Citrullus Lanatus*) yang di Jual di Pasar Tradisional dan Pasar Moderen Kota Medan Tahun 2013. Departemen Kesehatan Lingkungan. Departemen Kesehatan Lingkungan. Program Sarjana Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Medan
- Stephenson, F. H. 2016. Calculations for Molecular Biology and Biotechnology (Third Edition): 431-438, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802211-5.00012-6>
- U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2016). Code of Federal Regulations Title 21: Food and Drugs. Part 173 - Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption. Available at: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=173.315>
- Usenko, S. Subedi, B. Aguilar, L., dan Robinson, E. 2013. Chapter 6 - High-Throughput Analysis of PPCPs, PCDD/Fs, and PCBs in Biological Matrices Using GC-MS/MS. *Comprehensive Analytical Chemistry Vol. 61: 143 - 158*.
- Wibowo, R. S. dan Ali, W. 2019. Alat Pengukuran Warna dari Tabel Indikator Universal pH yang Diperbesar Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Edukasi Elektro* vol. 3 no. 2: 99 - 109
- Yang, S. 2007. Bioprocessing for Value-Added Products from Renewable Resources. New Technologies and Applications. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52114-9.X5000-2>

BIODATA PENULIS



I Wayan Tanjung Aryasa, S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Teknologi Laboratorium Medik
Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Universitas Bali Internasional

Penulis bernama lengkap I Wayan Tanjung Aryasa., tempat lahir Denpasar, 13 Maret 1986, ia adalah anak pertama dari dua bersaudara. Jenjang pendidikan penulis adalah merupakan lulusan S1 Kimia ITS dan S2 Kimia ITB, dan sekarang mengabdikan sebagai dosen pengajar di Universitas Bali Internasional program studi Teknologi Laboratorium Medik. Selain mengajar ia juga aktif menulis beberapa buku yaitu buku Kimia Organik dan Green technology innovation : transformasi teknologi ramah lingkungan berbagai sektor, Mineralogi dan Kimia Dasar: Panduan Lengkap untuk Pemula serta penelitian-penelitian yang berkaitan dengan ilmu kimia.

BIODATA PENULIS



Alfiah Alif, S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Sembilanbelas November Kolaka

Penulis lahir di Makassar, tanggal 16 Agustus 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka. Penulis menjalani pendidikan S1 pada 2010- 2015 di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin dan S2 pada 2016-2018 di Departemen Kimia FMIPA IPB University. Penulis aktif mengajar di Universitas Sembilanbelas November Kolaka sejak 2020-Sekarang. Penulis telah melakukan penelitian dalam bidang biofisika dan menerbitkannya dalam bentuk laporan penelitian dan mendapatkan hibah dari Kemendikbudristek Dikti, laporan penelitian ini dipublikasikan pada 2022. Penulis juga pernah menjadi pembicara pada seminar internasional secara online yang diselenggarakan oleh USN Kolaka pada 2023 dan telah terbit dalam bentuk prosiding internasional pada 2023. Tidak hanya itu, berbagai jurnal yang penulis telah terbitkan di jurnal terakreditasi SINTA. Penulis tidak hanya aktif mengajar dan meneliti, tetapi juga melaksanakan pengabdian kepada Masyarakat. Selain itu, penulis merupakan anggota Himpunan Kimiawan Indonesia (HKI) Pusat.

BIODATA PENULIS



Achmad Qodim Syafaatullah, S.T., M.T.
Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Sidoarjo tanggal 11 Oktober 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Kimia Institut Sepuluh Nopember pada tahun 2014 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Institut Sepuluh Nopember selesai tahun 2018.

BIODATA PENULIS



Ir. Herlina Rahim, ST., M.Si

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Rappang pada 26 Juni 1976. Penulis adalah Dosen di Program Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar yang merupakan salah satu institusi Pendidikan Vokasi di bawah Kementerian Perindustrian yang berlokasi di Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana Tahun 1999 di Universitas Muslim Indonesia program studi Teknik Kimia dan Pendidikan Magister tahun 2005 di Universitas Hasanuddin dalam bidang Kimia. Penulis aktif dalam kolaborasi penelitian bidang Proses Kimia dan Kimia Analisis, dengan fokus utama dalam bidang proses mineral. Penulis juga aktif dalam organisasi profesi Cabang Sulawesi Selatan yakni Himpunan Kimia Indonesia (HKI), Ikatan Asesor Profesional Indonesia (IASPRO) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII). Artikel ilmiah hasil penelitian penulis dapat diakses melalui ID SINTA 6797470, ID Google Scholar rsBo98AAAAJ&hl.

BIODATA PENULIS



Hasrawati Bahar, S.Si., M.Pd.

Dosen Program Studi Kimia
Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 04 Februari 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Kimia, Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa. Menyelesaikan pendidikan D3 pada Akademi Kimia Analisis Bogor (AKA Bogor) Tahun 2009, melanjutkan Program S1 pada Jurusan Kimia Sekolah Tinggi MIPA Bogor (STMIPA Bogor) Tahun 2012 serta melanjutkan S2 pada Pendidikan Kimia Universitas Negeri Makassar (UNM) Tahun 2018. Penulis menekuni bidang menulis dimulai Tahun ini yaitu tahun 2023 dengan Judul karya Cell and Metabolism, Dan Buku ini selanjutnya adalah karya Kedua nya.

Menjadi Orang yang bermanfaat dan memberikan efek positif bagi orang lain /masyarakat adalah harapannya. Beribadah adalah tujuan Hidupnya.

Demikian Riwayat Hidup penulis untuk sekedar diketahui, semoga bermanfaat.

BIODATA PENULIS



Ayusti Dirga, S.Si., M.Sc.

Dosen Program Studi Diploma IV Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky

Penulis lahir di Watampone tanggal 17 Agustus 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Diploma IV Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia di Universitas Hasanuddin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kimia di Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang Toksikologi dan saat ini aktif dalam mengajar dan membimbing mahasiswa dalam pengajaran dan penelitian.

BIODATA PENULIS



Khoirul Ngibad, S.Si., M.Si.
Dosen Program Studi D3 TLM
Fakultas Ilmu Kesehatan

Lulus Program Sarjana di Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang tahun 2013, lulus Program Magister di Program Studi Magister Kimia Universitas Brawijaya Tahun 2015. Saat ini merupakan dosen tetap Program Studi D3 TLM (Teknologi Laboratorium Medis) Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Maarif Hasyim Latif Sidoarjo. Mengampu mata kuliah Kimia Air dan Kimia Makanan Minuman. Telah menulis Buku Ajar Kimia Air I, Buku Pedoman Praktikum Kimia Air, dan Buku Pedoman Praktikum Kimia Makanan Minuman. Selain itu, penulis juga pernah sebagai ketua LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) sejak tahun 2019 sampai 2023. Penulis sekarang mendapat tugas tambahan sebagai Wakil Rektor III Bidang Kemahasiswaan, Kreativitas, PMB dan Alumni.

BIODATA PENULIS



Silvia Devi Eka Putri, S.Si., M.Si

Penulis lahir di Jambi tanggal 28 April 1996. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Universitas Jambi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Kimia Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang menulis dengan beberapa karya ilmiah diantaranya karya ilmiah dengan judul *Facile Synthesis and Formation of Composite Chitosan and Durio zibethinus Seed and Its Applications as Adsorbent of Metal Ion Ni(II)* pada jurnal ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia. Jurnal Ilmiah Nasional Terakreditasi Kemenristek Dikti (Sinta-2).

BIODATA PENULIS



Melani Ganing, S.Si., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 05 Januari 1992. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Kimia Universitas Negeri Makassar pada tahun 2015 dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia selesai tahun 2021.

BIODATA PENULIS



Andi Asdiana Irma Sari Yusuf, S.Si., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar Kementerian Perindustrian

Penulis lahir pada tanggal 1 Oktober 1991 di Ajang Pulu Sibulue Kabupaten Bone., merupakan anak pertama dari pasangan Alm. Drs. A. Muh. Yusuf dan Andi Nadiati, S.Pd. Pada saat ini penulis mengabdikan sebagai Aparatur Sipil Negara (ASN) di Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Industri (BPSDMI) dengan satuan kerja Politeknik ATI Makassar dan bertanggung jawab sebagai Kepala Laboratorium Pengujian Mineral dan Lingkungan. Pendidikan S1 dijalani penulis di Jurusan Kimia Universitas Hasanuddin dan S2 di Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang kepenulisan sebagai bentuk kontribusi aktif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan dunia pendidikan. Sebelumnya penulis berkontribusi dalam pembuatan buku “Pengelolaan Limbah Cair” dan pengembangan buku “Melakukan Ekstraksi Padat Cair”. Penulis berharap menulis dapat menjadi jalan kebaikan untuk menyebar manfaat dan mencerdaskan kehidupan bangsa.