



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA  
2023

# **DASAR-DASAR TEKNIK KIMIA INDUSTRI**

Fitriyani Yetti Handayani  
Teguh Pangajuanto  
Rizka Zulhijah

**SMK/MAK KELAS X**

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.**  
Dilindungi Undang-Undang.

*Penafian:* Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X**

**Penulis**

Fitriyani Yetti Handayani  
Teguh Pangajuanto  
Rizka Zulhijah

**Penelaah**

Hendrawati  
Muhammad Widodo

**Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno  
Wijanarko Adi Nugroho  
Erlina Indarti

**Kontributor**

Iin Inayah  
Yuzelma

**Ilustrator**

Frisna Yulinda Nathasia Harahap

**Editor**

Imtam Rus Ernawati  
Erlina Indarti

**Desainer**

Dono Merdiko

**Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

**Dikeluarkan oleh:**

Pusat Perbukuan  
Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

Cetakan pertama, 2023

ISBN 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)  
978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 10/14 pt., SIL Open Font License, Version 1.1.  
xvi, 312 hlm.: 17,6 x 25 cm.

# Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Maret 2023  
Kepala Pusat,

Supriyatno  
NIP 196804051988121001

# Prakata

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan izin-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan buku Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri kelas X. Buku ini merupakan buku teks utama yang diharapkan bisa menjadi sumber belajar utama bagi peserta didik kelas X jenjang SMK/MAK.

Materi dalam buku ini memuat ilmu dasar teknik kimia, ilmu dasar kimia, dan beberapa ilmu dasar pendukung penting lainnya sebagai bekal peserta didik dalam mengikuti Program Keahlian Teknik Kimia Industri. Buku ini terdiri atas 13 bab sebagai pengembangan Capaian Pembelajaran Fase E yang memuat delapan elemen, yaitu proses bisnis secara menyeluruh bidang kimia industri; perkembangan teknologi di dunia kerja dan isu-isu global terkait dunia kimia industri; profesi dan kewirausahaan (*job-profile* dan *technopreneurship*), serta peluang usaha di bidang kimia industri; teknik dasar proses produksi pada bidang kimia industri; keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan hidup dan budaya kerja industri, dasar kimia; dasar mikrobiologi; dan teknik dasar pekerjaan laboratorium.

Materi yang disajikan sesuai dengan perkembangan keilmuan dan teknologi, termasuk Industri 4.0, sehingga memberikan wawasan terkini dan luas bagi peserta didik. Fitur yang disajikan pun beragam mulai dari peta konsep hingga latihan soal untuk mengevaluasi kemampuan peserta didik. Beragam aktivitas dan proyek, baik mandiri maupun berkelompok juga disajikan untuk melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi, bekerja sama, dan meningkatkan kreativitas peserta didik. Selain itu, buku ini juga dilengkapi percobaan-percobaan yang bisa dilakukan di sekolah. Peserta didik akan mendapatkan pengalaman belajar yang sarat ilmu dan menyenangkan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan buku ini. Penulis berharap buku ini turut memberikan kontribusi dalam perkembangan dan kemajuan pendidikan di Indonesia.

Jakarta, Maret 2023

Tim Penulis

# Daftar Isi

<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>iii</b>
<b>Prakata</b> .....	<b>iv</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>v</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>viii</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xiv</b>
<b>Petunjuk Penggunaan Buku</b> .....	<b>xv</b>
<b>Bab 1 Proses Bisnis Industri Kimia</b> .....	<b>1</b>
A. Mengetahui Industri Kimia .....	3
B. Perancangan Produk .....	6
C. Alur Rantai Pasok ( <i>Supply Chain</i> ) .....	7
D. Aktivitas Logistik .....	8
E. Proses Produksi pada Industri Kimia .....	9
F. Peralatan Produksi Industri Kimia .....	10
G. Pengelolaan Sumber Daya Manusia .....	13
<b>Bab 2 Perkembangan Teknologi dan Isu-Isu Global di Dunia</b>	
<b>Industri Kimia</b> .....	<b>15</b>
A. Perkembangan Proses Produksi pada Industri Kimia .....	17
B. Pengaruh Revolusi Industri 4.0 terhadap Industri Kimia .....	19
C. <i>Product Life Cycle</i> pada Industri Kimia .....	27
D. Pengendalian Limbah ( <i>Waste Control</i> ) di Industri Kimia .....	29
E. Pengaruh, Peran, dan Kontribusi Industri Kimia dalam Isu Pemanasan Global dan Perubahan Iklim .....	33
F. Peraturan Ketenagakerjaan pada Industri Kimia .....	35
<b>Bab 3 Profesi, Kewirausahaan, dan Peluang Usaha</b>	
<b>di Bidang Kimia Industri</b> .....	<b>39</b>
A. Profesi di Bidang Kimia Industri .....	41
B. Kewirausahaan di Bidang Kimia Industri .....	46
C. Peluang Usaha di Bidang Kimia Industri .....	49

<b>Bab 4 Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium Kimia.....</b>	<b>55</b>
A. Teknik Dasar Penggunaan Peralatan Laboratorium.....	57
B. Teknik Dasar Pembuatan Larutan .....	75
<b>Bab 5 Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Hidup dan Budaya Kerja Industri .....</b>	<b>81</b>
A. Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) ...	83
B. Praktik-Praktik Kerja yang Aman.....	84
C. Bahaya-Bahaya di Tempat Kerja.....	86
D. Prosedur-Prosedur dalam Keadaan Darurat.....	89
E. Budaya Kerja Industri .....	91
F. Pengendalian Pencemaran Air.....	93
G. Pengendalian Pencemaran Udara .....	97
H. Pengelolaan Limbah B3 dan Non-B3 .....	100
I. <i>Material Safety Data Sheet</i> (MSDS) .....	102
<b>Bab 6 Kimia Organik Dasar .....</b>	<b>107</b>
A. Senyawa Organik .....	109
B. Sifat Khas Atom Karbon .....	111
C. Posisi Atom Karbon dalam Rantai Karbon .....	111
D. Hidrokarbon.....	112
E. Gugus Fungsi Senyawa Karbon.....	120
F. Senyawa Turunan Hidrokarbon.....	121
<b>Bab 7 Reaksi Kimia, Stoikiometri, dan Larutan Standar .....</b>	<b>139</b>
A. Tata Nama Senyawa .....	141
B. Persamaan Reaksi.....	145
C. Hukum Dasar Kimia.....	146
D. Konsep Mol .....	150
E. Stoikiometri (Perhitungan Kimia) .....	154
F. Larutan Standar .....	158
<b>Bab 8 Laju Reaksi .....</b>	<b>169</b>
A. Pengertian Laju Reaksi.....	171
B. Persamaan Laju Reaksi .....	172
C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi .....	174

<b>Bab 9 Keseimbangan Kimia.....</b>	<b>181</b>
A. Reaksi Berkesudahan dan Reaksi Keseimbangan .....	183
B. Keadaan Setimbang.....	184
C. Keseimbangan Dinamis .....	184
D. Keseimbangan Homogen dan Heterogen .....	184
E. Pergeseran Keseimbangan.....	185
F. Faktor–Faktor yang Memengaruhi Pergeseran Keseimbangan .	186
G. Tetapan Keseimbangan.....	189
H. Keseimbangan Kimia dalam Industri .....	193
<b>Bab 10 Sifat Koligatif Larutan .....</b>	<b>199</b>
A. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit .....	201
B. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit .....	210
<b>Bab 11 Redoks dan Elektrokimia .....</b>	<b>213</b>
A. Perkembangan Konsep Reaksi Redoks.....	215
B. Penyetaraan Reaksi Redoks .....	219
C. Elektrokimia.....	220
<b>Bab 12 Dasar Mikrobiologi .....</b>	<b>235</b>
A. Konsep Mikrobiologi .....	237
B. Penerapan Mikrobiologi di Industri .....	241
C. Identifikasi Bakteri dan Kapang .....	243
D. Media Pertumbuhan Mikroba .....	246
E. Teknik Sterilisasi .....	251
F. Teknik Isolasi dan Inokulasi .....	255
G. Penentuan Jumlah Bakteri/Kapang.....	259
<b>Bab 13 Analisis Dasar Laboratorium .....</b>	<b>269</b>
A. Analisis Volumetri.....	271
B. Analisis Gravimetri.....	275
<b>Glosarium .....</b>	<b>283</b>
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>287</b>
<b>Indeks.....</b>	<b>297</b>
<b>Profil Pelaku Perbukuan .....</b>	<b>302</b>

# Daftar Gambar

Gambar 1.1	Sabun dan sampo merupakan produk industri kimia.....	2
Gambar 1.2	Bangun Industri Nasional .....	3
Gambar 1.3	Alur Rantai Pasok .....	8
Gambar 1.4	Proses Produksi Industri Kimia .....	9
Gambar 1.5	Reaktor Tangki Berpengaduk.....	10
Gambar 1.13	Tangki Penyimpan.....	12
Gambar 2.1	Timbangan Tradisional dan Timbangan Digital.....	17
Gambar 2.2	Infografik perkembangan Revolusi Industri. ....	18
Gambar 2.3	Manusia Sebagai Operator untuk Mengontrol Jalannya Proses Produksi dalam Industri 4.0.....	20
Gambar 2.4	Digitalisasi Industri dalam Industri 4.0.....	21
Gambar 2.5	Penggunaan teknologi AR untuk memeriksa alat industri dengan aplikasi <i>smartphone</i> .....	24
Gambar 2.6	Penerapan AR dalam pengaturan produk di gudang.....	25
Gambar 2.7	Tahapan Siklus Hidup Produk .....	27
Gambar 2.8	Siklus Hidup Produk Teh Kemasan .....	28
Gambar 2.9	Perbandingan kondisi bumi normal dan terjadi pemanasan global.....	33
Gambar 2.10	Emisi gas dari aktivitas industri dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global.....	34
Gambar 3.1	Profesi operator proses bidang kimia industri dan produk sabun batang sebagai salah satu hasil wirausaha dalam bidang teknik kimia industri.....	41
Gambar 3.2	Operator dalam Industri Kimia .....	43
Gambar 3.3	Penelitian dan pengembangan di industri pupuk untuk menciptakan produk baru.....	44
Gambar 3.4	<i>Quality control</i> dalam industri pupuk, dilakukan sampling produk (kiri) dan dianalisis untuk memastikan kualitas produk sesuai dengan standar yang ditentukan (kanan).	45
Gambar 3.5.	Desainer Pabrik Kimia .....	45
Gambar 3.6.	Pembuatan Sabun Batang <i>Homemade</i> .....	46
Gambar 3.7	Penggunaan <i>Hand Sanitizer</i> .....	46



Gambar 3.8	Daging Kelapa Digiling Menjadi Santan.....	49
Gambar 3.9	Sampah Plastik yang Mencemari Lingkungan.....	53
Gambar 4.1	Labu Ukur.....	57
Gambar 4.2	Corong Kaca.....	58
Gambar 4.3	Pipet Volume.....	58
Gambar 4.4	Gelas Ukur.....	58
Gambar 4.5	Gelas Beker.....	59
Gambar 4.6	Pipet Tetes.....	59
Gambar 4.8	Tabung Reaksi.....	60
Gambar 4.7	<i>Burner</i> /Pembakar Spiritus.....	60
Gambar 4.9	Kaca arloji untuk menimbang bahan kimia serbuk.....	61
Gambar 4.10	Erlenmeyer.....	61
Gambar 4.11	Batang Pengaduk.....	62
Gambar 4.12	Corong Pisah.....	62
Gambar 4.13	Pipet Ukur.....	63
Gambar 4.14	Piknometer 25 ml.....	63
Gambar 4.17	Penjepit Tabung Reaksi.....	64
Gambar 4.16	Statif dan klem <i>Holder</i> .....	64
Gambar 4.15	Botol timbang dengan beberapa ukuran.....	64
Gambar 4.19	Kaki Tiga.....	65
Gambar 4.20	Spatula Porselen.....	65
Gambar 4.22	Rak Tabung Reaksi.....	66
Gambar 4.23	Penjepit Kayu.....	66
Gambar 4.21	botol semprot.....	66
Gambar 4.24	Mortar dan Alu.....	67
Gambar 4.25	Cawan Porselen.....	67
Gambar 4.26	Krusible atau Krus Porselen.....	68
Gambar 4.27	Sumbat Karet.....	68
Gambar 4.28	Pipet <i>Filler</i> .....	69
Gambar 4.29	Neraca Digital.....	69
Gambar 4.30	<i>Hot plate</i> yang dilengkapi dengan <i>stirrer</i> .....	70
Gambar 4.31	<i>Magnetic Stirrer</i> .....	70
Gambar 4.32	<i>Heating Mantle</i> .....	71
Gambar 4.33	Oven listrik di laboratorium untuk pemanasan dan pengeringan.....	71

Gambar 4.34	<i>Centrifuge</i> .....	71
Gambar 4.35	Mikroskop.....	72
Gambar 5.1	Slogan mengutamakan keselamatan. ....	82
Gambar 5.2	Alat Pelindung Diri.....	85
Gambar 5.3	Simbol bahan kimia mudah terbakar.....	87
Gambar 5.4	Simbol bahan kimia mudah meledak ( <i>explosive</i> ).....	88
Gambar 5.5	Simbol bahan kimia beracun. ....	88
Gambar 5.6	Simbol bahan kimia korosif.....	88
Gambar 5.7	Simbol bahan kimia bersifat oksidator. ....	88
Gambar 5.8	Simbol bahan kimia iritan. ....	89
Gambar 5.9	Pencemaran Air .....	93
Gambar 5.10	Diagram alir pengolahan air dari air sungai. ....	95
Gambar 5.11	Contoh unit koagulasi-klarifikasi. ....	96
Gambar 5.12	Kota dengan udara bersih.....	97
Gambar 5.13	Kota dengan udara berpolusi.....	97
Gambar 5.14	<i>Gravity Settler</i> .....	99
Gambar 5.15	<i>Cyclone</i> .....	99
Gambar 5.16	<i>Fabric Filter</i> .....	100
Gambar 5.17	Cara pandang pengelolaan limbah.....	101
Gambar 5.18	Algoritma Penanganan Limbah .....	101
Gambar 5.20	MSDS dalam Label <i>N-Heksana</i> .....	103
Gambar 5.19	Kemasan Asam Klorida.....	103
Gambar 5.21	Simbol bahaya bahan kimia menurut NFPA.....	104
Gambar 6.1	Senyawa karbon dalam kehidupan sehari-hari.....	109
Gambar 6.2	Friedrich Wohler .....	109
Gambar 6.3	Hans Krebs (1900–1981).....	110
Gambar 6.4	Model Molekul.....	112
Gambar 6.5	Bentuk CH <sub>4</sub> .....	113
Gambar 6.7	Model molekul (a) Etena, (b) Propena .....	116
Gambar 6.6	Gas minyak bumi yang dicairkan (LPG).....	116
Gambar 6.7	Gas asetilen diperoleh dengan mereaksikan Kalsium karbida dengan air.....	120
Gambar 6.9	Reaksi antara logam Na dengan etanol. ....	122
Gambar 6.10	Perbedaan alkohol primer dengan alkohol tersier dengan oksidasi K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .....	123

Gambar 6.11	Radiator <i>coolant</i> mengandung etilen glikol. ....	125
Gambar 6.12	Endapan merah bata CuO ketika aldehid diuji terbentuk ketika aldehid diuji dengan pereaksi Fehling.....	127
Gambar 6.13	Cermin perak terbentuk dengan pereaksi Tollens. ....	127
Gambar 6.14	Pisang mengandung ester etil asetat.....	134
Gambar 7.1	Berkenalan .....	141
Gambar 7.2	(a) Struktur molekul CH <sub>4</sub> atau senyawa molekuler, (b) Struktur kristal NaCl atau senyawa ion. ....	143
Gambar 7.3	Antoine Laurent Lavoisier.....	146
Gambar 7.4	Joseph Louis Proust.....	147
Gambar 7.5	Joseph Louis Gay Lussac.....	148
Gambar 7.6	Ilustrasi Amedeo Avogadro.....	149
Gambar 7.7	Teknik melakukan titrasi. ....	163
Gambar 7.8	Kurva titrasi asam kuat oleh basa kuat.....	164
Gambar 7.9	Kurva titrasi basa lemah oleh asam kuat ditunjukkan oleh garis tebal. ....	164
Gambar 8.1	(a) Perkaratan besi berlangsung lambat..... (b) Pembakaran kertas berlangsung cepat.....	171
Gambar 8.2	Tumbukan dengan posisi tepat (bawah) menghasilkan reaksi. ....	174
Gambar 8.4	Partikel reaktan dalam: a. molaritas rendah, b. molaritas tinggi.....	175
Gambar 8.3	(a) Energi Aktivasi Cukup..... (b) Energi Aktivasi Tidak Cukup.....	175
Gambar 8.5	Dengan total volume atau massa yang sama, makin kecil kubus makin besar luas permukaannya. ....	176
Gambar 8.6	Reaksi katalisis pada pembentukan etana dari etena dengan katalisator logam nikel. ....	177
Gambar 8.7	Hubungan katalis dengan energi pengaktifan.....	177
Gambar 9.1	Siklus Oksigen.....	183
Gambar 9.2	Henry Louis Le Chatelier.....	185
Gambar 9.3	Ketika tekanan diperbesar/volume diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah molekul sedikit. ....	187
Gambar 9.4	Fritz Haber .....	194
Gambar 9.5	Reaksi pembuatan NH <sub>3</sub> . ....	195

Gambar 10.1	Air Mendidih.....	201
Gambar 10.2	Penguapan partikel (a) pelarut murni (b) larutan. ....	202
Gambar 10.3	Air mendidih pada suhu 100 °C. ....	203
Gambar 10.4	Diagram hubungan tekanan dan temperatur. ....	205
Gambar 10.5	Mengawetkan ikan menggunakan es. ....	205
Gambar 10.6	Osmosis dan tekanan osmosis. ....	208
Gambar 10.7	Reverse Osmosis .....	209
Gambar 11.1	Sepeda Motor Listrik .....	215
Gambar 11.2	Sel volta elektroda Zn dan Cu dengan larutan ZnSO <sub>4</sub> dan CuSO <sub>4</sub> . ....	221
Gambar 11.3	Sel Volta .....	222
Gambar 11.4	Elektroda Standar .....	223
Gambar 11.5	Bagian-Bagian Baterai.....	225
Gambar 11.6	Bagian Bagian Aki .....	226
Gambar 11.7	Sel Elektrolisis .....	226
Gambar 11.8	Michael Faraday.....	228
Gambar 11.9	Pemurnian tembaga secara elektrolisis. ....	229
Gambar 11.10	Melapisi sendok dengan perak. ....	230
Gambar 11.11	Proses Korosi .....	231
Gambar 11.12	Korosi menyebabkan kerusakan.....	231
Gambar 11.13	Penerapan Perlindungan Katoda.....	232
Gambar 12.1	Bioetanol.....	237
Gambar 12.2	Penampakan Virus.....	238
Gambar 12.3	Bentuk-Bentuk Bakteri.....	239
Gambar 12.4	Parasit dalam Darah.....	239
Gambar 12.5	Pertumbuhan jamur pada roti.....	240
Gambar 12.6	Pertumbuhan ragi pada pembuatan roti.....	240
Gambar 12.7	Komponen Penyusun Bakteri .....	243
Gambar 12.8	Struktur Pertumbuhan Jamur/Kapang.....	244
Gambar 12.9	Media pertumbuhan bakteri.....	247
Gambar 12.10	Media PCA, PDA, dan <i>Lactose Broth</i> .....	248
Gambar 12.12	Media Pertumbuhan NA, NB, dan MRSA .....	249
Gambar 12.11	Media Pertumbuhan EMBA.....	249
Gambar 12.13	<i>Autoclave</i> sebagai alat sterilisasi.....	251


Gambar 12.14 Sterilisasi <i>Hot Air</i> .....	252
Gambar 12.15 Sterilisasi <i>Hot Air Oven</i> .....	252
Gambar 12.16 Sterilisasi <i>Steam Autoclave</i> .....	254
Gambar 12.17 Jarum Ose .....	255
Gambar 12.18 Media Pemiakan dalam Tabung .....	256
Gambar 12.19 Metode pemasukan bibit dengan jarum ose.....	257
Gambar 12.20 Metode Tuang dan Metode Sebar .....	257
Gambar 12.21 Metode Cawan Gores.....	258
Gambar 12.22 Metode Cawan Sebar .....	258
Gambar 12.23 Metode Cawan Tuang Tabur .....	259
Gambar 12.24 Prosedur pengenceran untuk teknik TPC.....	260
Gambar 13.1 Cuka Dapur.....	271
Gambar 13.2 Reaksi Pengendapan.....	276
Gambar 13.3 Cara Melipat Kertas Saring .....	277
Gambar 13.4 Menyaring Endapan .....	277
Gambar 13.5 Mencuci Endapan.....	278


# Daftar Tabel

Tabel 2.1	Rencana Strategis Industri Kimia di Indonesia Menghadapi Revolusi 4.0 .....	25
Tabel 5.1	Klasifikasi Kebakaran dan Media Pemadam Menurut NFPA...	90
Tabel 5.2	Jenis dan Karakteristik Pencemar Udara Berdasarkan Kondisi Fisik.....	98
Tabel 6.1	Senyawa Alkana.....	113
Tabel 6.2	Tiga Suku Pertama Alkena.....	117
Tabel 6.3	Tiga Suku Pertama Alkuna .....	118
Tabel 7.1	Penamaan Garam Berdasarkan Nama Kation dan Anion Penyusunnya .....	144
Tabel 7.2	Larutan Baku dan Baku Primer .....	162
Tabel 10.1	Tetapan Titik Didih Beberapa Pelarut .....	204
Tabel 10.2	Tetapan Titik Beku Molal Beberapa Pelarut .....	206
Tabel 12.1	Jenis Kapang, Manfaat, dan Kerugiannya .....	245

# Petunjuk Penggunaan Buku

Dalam buku ini akan ditemukan fitur-fitur sebagai penanda kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan. Adapun fitur-fitur yang terdapat pada buku Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri sebagai berikut.

Ikon	Nama Icon	Keterangan
 Tujuan Pembelajaran	Tujuan Pembelajaran	Bagian ini memuat hasil pembelajaran dan kompetensi yang harus dicapai melalui proses pembelajaran. Tujuan pembelajaran disusun secara kronologis berdasarkan urutan pembelajaran yang menjadi prasyarat menuju capaian pembelajaran.
 Kata kunci	Kata kunci	Bagian ini memuat istilah-istilah yang merujuk pada inti pembahasan materi.
 Pertanyaan Pemantik	Pertanyaan Pemantik	Bagian ini berisi pertanyaan yang memantik nalar bepikirmu sebelum melakukan aktivitas pembelajaran.
 Peta Konsep	Peta Konsep	Bagian ini berisi materi-materi yang akan kamu pelajari dan capai dalam pembelajaran.
 Apersepsi	Apersepsi	Bagian ini untuk menghubungkan pengalaman belajar atau kompetensi yang sudah kamu miliki dengan materi yang akan dipelajari.
 Materi pembelajaran	Materi Pembelajaran	Bagian ini berisi materi yang akan kamu pelajari.
 Aktivitas 1.1	Aktivitas	Bagian ini memuat kegiatan pembelajaran yang kamu lakukan berupa diskusi, penugasan, praktikum, kunjungan industri, presentasi, dan lainnya.

Ikon	Nama Icon	Keterangan
	Rangkuman	Gambar ini menunjukkan rangkuman atau ringkasan dari materi pembelajaran pada masing-masing bab yang ditampilkan dalam bentuk poin-poin pernyataan.
	Uji kompetensi	Bagian ini memuat soal-soal uji kompetensi untuk mengukur kemampuanmu dalam mencapai tujuan pembelajaran.
	Pengayaan	Bagian ini berisi aktivitas tambahan untuk memperkaya pengetahuan dan wawasan terhadap materi dalam suatu bab.
	Refleksi	Bagian ini menunjukkan refleksi hasil kegiatan pembelajaran yang telah kamu lakukan. Refleksi disajikan dalam bentuk pertanyaan-pertanyaan yang mengajakmu berpikir secara mendalam terkait materi yang sudah dipelajari dan mengidentifikasi kekurangannya, manfaat, dan sikap setelah mempelajari materi tersebut.



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023**

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Pandora Board/Pixy CC0 Public Domain (2022)

# Bab 1

## Proses Bisnis Industri Kimia

Bagaimana cara mengubah bahan baku menjadi produk yang lebih bernilai melalui bidang industri kimia?



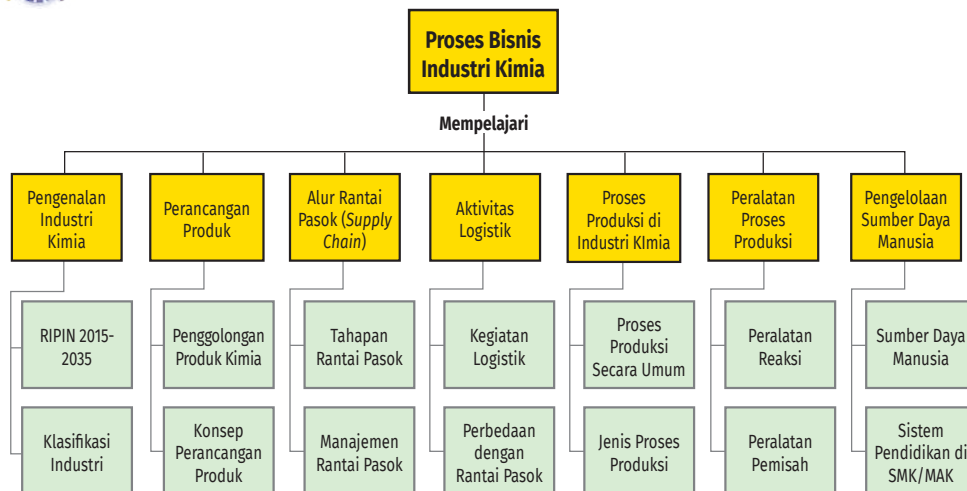
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan industri kimia secara tepat;
- mendeskripsikan perancangan produk secara benar;
- menjelaskan alur rantai pasok (*Supply Chain*) secara tepat;
- menjelaskan aktivitas logistik secara benar;
- menjelaskan proses produksi pada industri kimia secara tepat;
- mengidentifikasi peralatan produksi pada industri kimia secara tepat; serta
- menjelaskan pengelolaan sumber daya manusia secara kritis.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Industri Kimia, Rantai Pasok, Logistik, Sumber Daya Manusia

Produk-produk industri kimia sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Produk tersebut antara lain minuman, makanan, kosmetik, pakaian, perabot rumah tangga, hingga pupuk pertanian. Coba amati barang-barang di rumah atau periksalah kembali barang-barangmu di tempat sampah. Adakah barang-barang yang kamu miliki termasuk dalam produk industri kimia? Coba kemukakan pendapatmu dalam forum diskusi kelas.



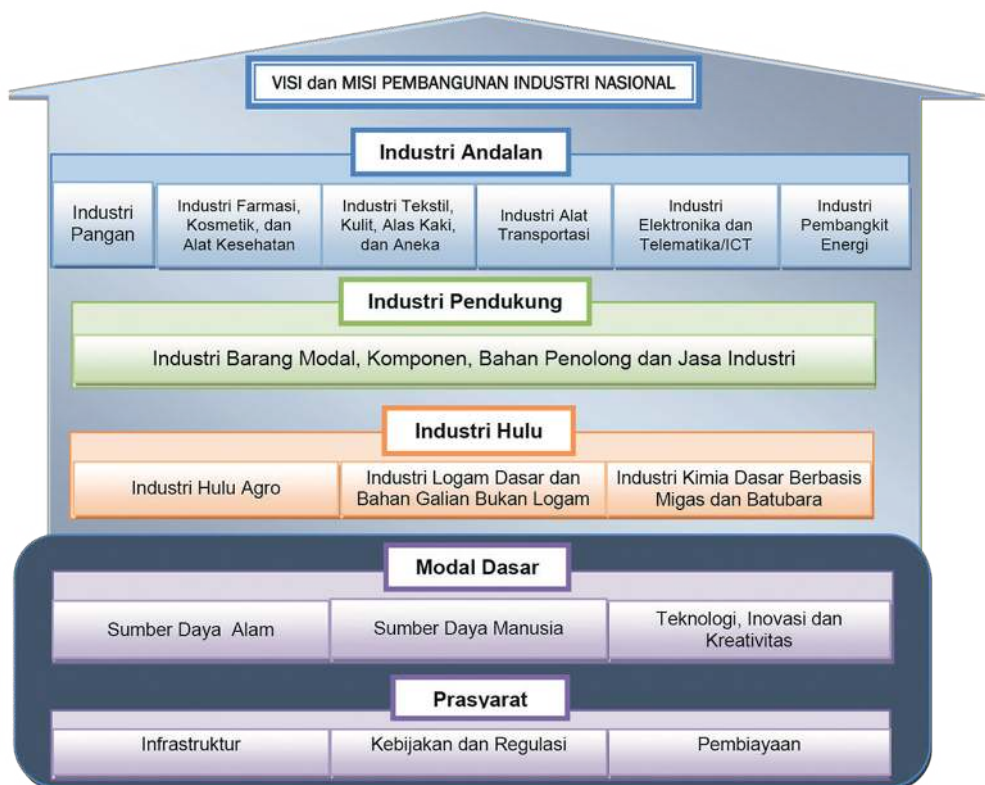
Gambar 1.1 Sabun dan sampo merupakan produk industri kimia.

Sumber: Bicanski/pixnio (2022)

## A. Mengenal Industri Kimia

Industri kimia adalah suatu industri yang mengolah bahan mentah menjadi bahan yang lebih bernilai (bahan jadi atau setengah jadi) dengan melibatkan bahan kimia. Industri ini menggunakan proses kimia, baik dalam reaksi maupun pemisahannya. Bahan mentah dapat berupa bahan pertanian dan pertambangan. Contoh bahan mentah dari pertanian antara lain kelapa sawit, jagung, tebu, susu, hasil laut, olefin, kakao, kayu, dan lainnya. Adapun contoh bahan mentah dari pertambangan antara lain batuan dan mineral, tembaga, nikel, besi, aluminium, timah, lithium, belerang, minyak bumi, gas alam, serta dolomit. Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunianya, Indonesia memiliki kekayaan alam berlimpah, baik pertanian maupun pertambangan.

Bahan mentah perlu diolah agar bernilai guna lebih. Industri merupakan salah satu sektor yang mampu mengolah bahan mentah tersebut. Hal tersebut karena sektor industri menjadi prioritas dalam pembangunan nasional Indonesia. Gambar 1.2 menunjukkan bangun industri nasional yang dirumuskan dalam Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015–2035.



Gambar 1.2 Bangun Industri Nasional

Sumber: Kementerian Perindustrian (2015)

Berdasarkan data pada gambar 1.2, terdapat sepuluh industri prioritas yang dikelompokkan menjadi industri andalan, industri pendukung, dan industri hulu. Industri kimia termasuk dalam kelompok industri hulu, yaitu “industri kimia dasar berbasis migas dan batu bara”.



### Aktivitas 1.1

#### Mengidentifikasi Contoh Industri Prioritas

Bentuklah kelompok belajar yang terdiri atas 3–5 peserta didik. Selanjutnya, coba carilah contoh dari sepuluh kelompok industri prioritas khususnya industri yang terdekat di daerahmu dan Indonesia pada umumnya seperti pada gambar 1.2. Sajikan hasilnya dalam bentuk tabel seperti contoh berikut. Tulislah dalam buku tugas kalian.

**Tabel Kelompok Industri Prioritas dan Jenis Industri**

No.	Kelompok Industri Prioritas	Jenis Industri
1.	Industri pangan	a. Industri pengolahan ikan b. ... dst
2.	Industri farmasi, kosmetik, dan alat kesehatan	a. ... b. ... dst
3.	Industri tekstil, kulit, alas kaki, dan aneka	a. ... b. ... dst
4.	Industri alat transportasi	a. ... b. ... dst
5.	Industri elektronika dan telematika/ ICT	a. ... b. ... dst
6.	Industri pembangkit energi	a. ... b. ... dst

No.	Kelompok Industri Prioritas	Jenis Industri
7.	Industri barang modal, komponen, serta bahan penolong dan jasa industri	a. ... b. ... dst
8.	Industri hulu agro	a. ... b. ... dst
9.	Industri logam dasar dan bahan galian bukan logam	a. ... b. ... dst
10.	Industri kimia dasar berbasis migas dan batu bara	a. ... b. ... dst

Berdasarkan SK Menteri Perindustrian Nomor 19/M/SK/I/1986 tentang Sistem Klasifikasi Industri, industri terbagi menjadi industri kimia dasar, industri mesin logam dasar dan elektronika, aneka industri, industri kecil, serta industri pariwisata. Bidang industri kimia termasuk dalam kelompok industri kimia dasar dan aneka industri. Contoh industri kimia dasar, yaitu industri kimia organik, industri kimia anorganik, industri agrokimia, serta industri selulosa dan karet. Adapun aneka industri adalah industri yang memproduksi barang kebutuhan hidup sehari-hari, meliputi industri tekstil, alat listrik dan logam, industri kimia, dan industri pangan.



### Aktivitas 1.2

Berikan contoh produk-produk yang termasuk dalam industri kimia dasar dan aneka industri. Sajikan hasilnya pada tabel seperti contoh berikut. Kerjakan di buku tugasmu.

**Tabel Jenis Industri dan Contoh Produk**

No	Jenis Industri	Contoh Produk
1.	Industri kimia organik.	a. Pewarna tekstil b. ... c. ...
2.	Industri kimia anorganik.	a. ... b. ... dst

No	Jenis Industri	Contoh Produk
3.	Industri agrokimia.	a. ... b. ... dst
4.	Industri selulosa dan karet.	a. ... b. ... dst
5.	Aneka industri kategori industri kimia.	a. ... b. ... dst

## B. Perancangan Produk

Industri kimia di Indonesia memiliki peluang besar untuk berkembang. Potensi tersebut didukung dengan adanya sumber daya alam melimpah dan jumlah penduduk yang banyak. Terlebih, manusia tidak dapat lepas dari penggunaan bahan kimia dalam kehidupan sehari-harinya. Adapun industri kimia yang berkembang pesat saat ini antara lain industri petrokimia, agrokimia, dan oleokimia. Saat ini pengembangan industri kimia menjadi prioritas. Kondisi tersebut terjadi karena produk-produk industri kimia digunakan oleh sektor lain dan dapat mengurangi impor bahan kimia dasar.

Pengembangan industri kimia dapat dilakukan melalui perancangan proses dan perancangan produk. Kegiatan dalam perancangan proses antara lain merancang langkah operasi, memilih dan merangkai peralatan, melakukan analisis ekonomi, serta mempertimbangkan aspek humanitas. Adapun kegiatan dalam perancangan produk antara lain mengidentifikasi spesifikasi produk, sifat dan kualitas produk yang diinginkan, serta mengidentifikasi keinginan pasar. Perancangan produk digunakan untuk menentukan struktur kimia dan komposisinya.

Indonesia menghasilkan banyak produk kimia. Secara umum jenis produk kimia sebagai berikut.

### 1. Bahan Kimia Komoditas (*Commodity Chemicals*)

Ciri-ciri bahan kimia komoditas antara lain diproduksi dalam jumlah besar, kualitas dan komposisi kimia sudah ditentukan, faktor harga di pasar sangat menentukan daya saing, serta efisiensi proses sangat potensial. Contoh produk bahan kimia ini, yaitu semen, pupuk, minyak goreng, bahan bakar minyak, etanol, detergen, dan serat tekstil.

## 2. Bahan Kimia Khusus (*Speciality Products*)

Ciri-ciri bahan kimia khusus antara lain diproduksi dalam jumlah sedikit, kualitas menjadi daya saing utama, komposisi kimia tidak dijadikan parameter utama, harga sangat tinggi, jumlah produsen terbatas karena seleksi persaingan, terjadi kompetisi peningkatan kualitas, dan efisiensi proses kurang menentukan daya saing. Adapun contoh produk bahan kimia ini, yaitu parfum, kosmetik, obat, dan pewarna. Saat ini bahan kimia khusus atau spesial makin penting dalam industri kimia.

Persaingan produk bahan kimia khusus sangat ketat. Oleh karena itu, umur pakainya tidak lama. Bahan kimia khusus/spesial suatu saat dapat menjadi bahan kimia komoditas. Adapun konsep perancangan produk kimia khusus/spesial pada prinsipnya terdiri atas empat langkah berikut.

### a. **Kebutuhan**

Langkah ini dilakukan untuk mencari informasi tentang produk khusus yang dibutuhkan masyarakat dan spesifikasinya. Bahan pembuatan bahan kimia khusus dapat berasal dari bahan baru atau modifikasi dari bahan yang sudah ada.

### b. **Gagasan**

Langkah ini dilakukan untuk mengumpulkan ide-ide kreatif yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan kimia spesial. Ide tersebut kemudian diimplementasikan melalui langkah-langkah nyata.

### c. **Seleksi**

Langkah selanjutnya adalah memilih salah satu ide berdasarkan hasil pengumpulan ide pada langkah sebelumnya. Pemilihan tersebut mempertimbangkan aspek ekonomis, teknis, nonteknis, dan lingkungan.

### d. **Manufaktur**

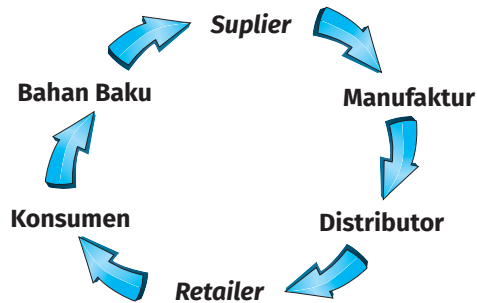
Langkah manufaktur dilakukan untuk merealisasikan ide yang sudah diseleksi atau dipilih.

## C. Alur Rantai Pasok (*Supply Chain*)

Produk industri kimia yang sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah detergen. Bagaimana proses detergen sampai kepada konsumen? Detergen ada karena kebutuhan konsumen. Lantas, bagaimana suatu produk diproduksi dan didistribusikan, hingga sampai kepada konsumen? Proses inilah yang dinamakan alur rantai pasok.



Alur rantai pasok meliputi semua tahapan pemenuhan kebutuhan pelanggan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Berbagai pihak yang terlibat dalam alur tersebut, yaitu produsen, pemasok, pengangkut, gudang, pengecer, dan pelanggan. Pelanggan adalah bagian penting dari rantai pasok. Selain perpindahan produk dari pemasok, produsen, dan distributor, alur rantai pasok juga mencakup perpindahan informasi, dana, dan produk dua arah. Secara umum pihak yang terlibat dalam alur rantai pasok dapat dilihat pada gambar di samping.



Gambar 1.3 Alur Rantai Pasok

Sumber: Fitriyani Yetti H (2022)

Tidak semua pihak dalam alur tahapan di atas harus ada. Rantai pasok bertujuan untuk memaksimalkan nilai keseluruhan yang dibuat. Nilai rantai pasok merupakan perbedaan antara nilai produk akhir bagi pelanggan dan upaya yang dikeluarkan rantai pasok dalam memenuhi permintaan pelanggan.

Sumber pendapatan rantai pasok berasal dari pelanggan. Adapun sumber biaya rantai pasok meliputi arus informasi, produk, atau dana antartahapan rantai pasok. Oleh karena itu, diperlukan manajemen untuk memaksimalkan keuntungan rantai pasok atau dikenal sebagai manajemen rantai pasok atau *supply chain management* (SCM). Manajemen rantai pasok adalah pengelolaan arus dalam rantai pasokan untuk mengoptimalkan profitabilitas total rantai pasok. Dengan SCM, perusahaan dapat memperhitungkan biaya berlebih dan produk hingga sampai kepada konsumen lebih cepat.

Ada sejumlah pemain atau organisasi yang terlibat dalam SCM. Setiap pemain/ organisasi bisa berada di tempat yang sama atau berbeda, baik provinsi, pulau, negara maupun benua. Pelaksanaan SCM membutuhkan metode, kecermatan, dan kerja sama yang baik antara pelaku satu dan lainnya.

#### D. Aktivitas Logistik

Aktivitas logistik berkaitan dengan ketepatan waktu pemenuhan kebutuhan konsumen. Logistik merupakan rangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, serta pengawasan terhadap perpindahan barang, jasa, sumber daya, dan energi. Kegiatan logistik berperan mengelola dan memelihara penerimaan, penyimpanan, dan pengiriman barang atau perlengkapan.



Aktivitas logistik berbeda dengan rantai pasok logistik. Perbedaan tersebut terletak pada subjek distribusi barang. Fokus rantai pasok adalah alur pengadaan barang agar berjalan lancar. Adapun aktivitas logistik berfokus pada strategi dan koordinasi antara produksi dan pemasaran. Cakupan rantai pasok lebih luas daripada aktivitas logistik. Logistik menjadi bagian dari rantai pasok karena lebih fokus pada aliran produk ke konsumen.



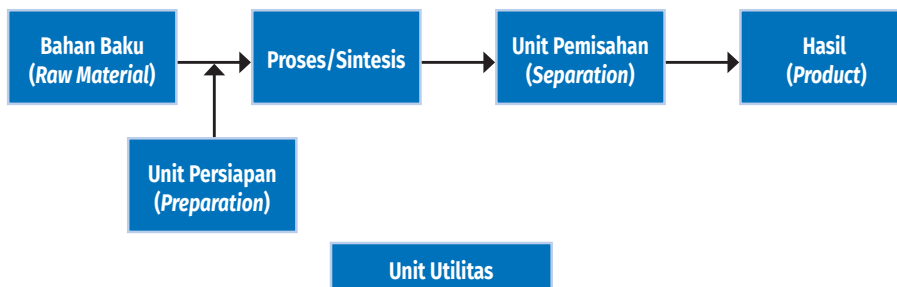
### Aktivitas 1.3

#### Diskusi Kelompok

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 peserta didik. Selanjutnya, carilah contoh kasus rantai pasok dan logistik suatu industri kimia atau produk-produk yang kalian gunakan sehari-hari, misalnya sabun, sampo, pasta gigi, dan minyak goreng. Diskusikan contoh tersebut dalam kelompok. Kalian dapat mencari contoh dari berbagai sumber, seperti internet. Buatlah alurnya dan presentasikan hasilnya di depan kelas.

#### E. Proses Produksi pada Industri Kimia

Secara umum proses produksi pada industri kimia adalah mengolah bahan baku (*raw material*) menjadi barang jadi (*product*). Adapun serangkaian proses produksi pada industri kimia dapat kalian amati pada gambar berikut.



Gambar 1.4 Proses Produksi Industri Kimia

Sumber: Fitriyani Yetti H (2022)

Sebelum dilakukan sintesis, bahan baku terlebih dahulu perlu disiapkan. Persiapan tersebut bertujuan untuk menyesuaikan kondisi operasi (suhu, tekanan, kecepatan alir, ukuran, dan sebagainya) pada peralatan di unit sintesis. Setelah kondisi umpan sesuai dengan kondisi operasi di unit sintesis/reaksi, umpan dialirkan ke dalam unit reaksi yang dinamakan reaktor. Oleh karena aliran yang keluar dari reaktor masih bercampur, perlu dilakukan pemisahan.

Di unit pemisahan, produk utama dipisahkan dari bahan yang tidak bereaksi dan produk samping. Metode pemisahan yang dilakukan tergantung dari campuran yang keluar dari reaktor. Selanjutnya, produk dimurnikan sesuai standar mutu yang ditetapkan.

Selain unit persiapan, unit reaksi, dan unit pemisahan, terdapat satu unit yang membantu atau menyediakan kebutuhan di unit-unit lain atau disebut unit utilitas. Unit utilitas menyediakan bahan bakar, listrik, air, udara tekan, dan uap.

## F. Peralatan Produksi Industri Kimia

Beberapa kategori peralatan produksi yang digunakan pada industri kimia sebagai berikut.

### 1. Peralatan Reaksi

Peralatan reaksi dinamakan reaktor. Dalam reaktor, bahan baku bereaksi menjadi bahan lain yang akan menjadi produk. Reaktor yang biasanya digunakan di industri antara lain reaktor tangki berpengaduk, reaktor alir tangki berpengaduk, reaktor pipa, reaktor *fixed bed*, reaktor gelembung, dan reaktor fluidisasi. Ilustrasi reaktor dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.5 Reaktor Tangki Berpengaduk

Sumber: Agomuoh Paul Kelechi/ocd.lcwu.edu.pk (2011)

### 2. Peralatan Pemisahan

Peralatan pemisahan digunakan untuk memisahkan suatu campuran dua senyawa atau lebih. Beberapa peralatan pemisahan yang digunakan dalam industri kimia sebagai berikut.



**Gambar 1.6 Kolom Distilasi**  
Sumber: Luigi Chiesa/Wikimedia Commons (2006)

**Kolom Distilasi**  
Alat ini digunakan untuk memisahkan campuran berupa cairan yang memiliki perbedaan volatilitas (kemudahan menguap). Sebagai contoh, digunakan untuk memisahkan etanol dan air.

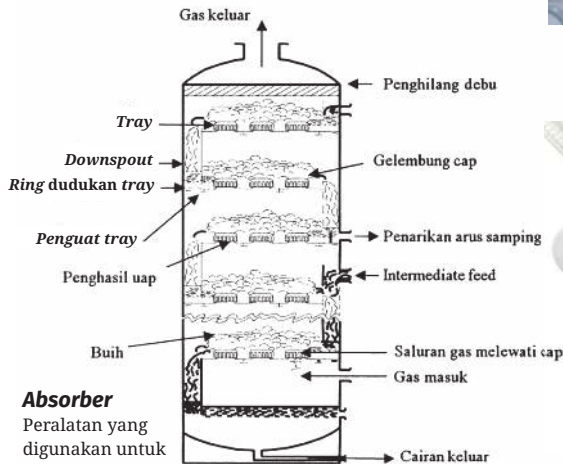


**Gambar 1.7 Rangkaian alat distilasi skala laboratorium**  
Sumber: Fitriyani Yetti H. (2022)

**Ekstraktor**

Ekstraktor adalah tempat berlangsungnya ekstraksi (pemisahan berdasarkan perbedaan kelarutan dimana sebagian senyawa larut dalam solven). Misalnya, ekstraksi minyak kemiri dari biji kemiri.

**Gambar 1.8 Ekstraktor soxhlet**  
Sumber: Choksawatdikorn/Dreamstime.com (2023)



**Absorber**  
Peralatan yang digunakan untuk menyerap gas dari campuran gas. Misalnya, menyerap gas  $CO_2$ ,  $NO_x$ , dan  $SO_3$ .

**Gambar 1.9 Absorber jenis bubble-cap tray**  
Sumber: Gozan (2006)



**Gambar 1.10 Filter press**  
Sumber: Peter Creven/Wikimedia Commons (2011)

**Filter**  
Alat yang digunakan untuk memisahkan campuran padat dan cair ke dalam medium. Misalnya, untuk menyaring nira dari kotoran.

**Evaporator**

Alat ini digunakan untuk memekatkan larutan. Misalnya, larutan NaOH 5% dipekatkan menjadi 30%.



**Gambar 1.11 Rotary evaporator**  
Sumber: Sergeyryzhov (2023)



**Gambar 1.12 Rotary drum dryer**  
Sumber: Brookoffice/Wikimedia Commons (2013)

**Dryer**

Dryer digunakan untuk mengeringkan padatan dengan cara mengurangi kadar airnya. Misalnya, pupuk dari setelah dibutuhkan perlu dimasukkan ke dalam dryer untuk dikeringkan.

### 3. Peralatan Perpindahan Panas

Pada alat ini terjadi perpindahan panas antara fluida panas dan dingin dalam satu fase (hanya berubah suhunya) atau ada perubahan fase. Misalnya, dari cair diubah menjadi uap atau sebaliknya. Contoh alat perpindahan panas antara lain *vaporizer*, kondensor, *heat exchanger*, dan *boiler*.

### 4. Peralatan Pengubah Tekanan

Dalam industri kimia kadang ada kondisi operasi seperti tekanan perlu diubah, diperbesar, atau diperkecil. Untuk mengubah tekanan tersebut diperlukan alat pengubah tekanan atau kompresor.

### 5. Peralatan Pengubah Ukuran

Industri kimia yang menangani bahan padat sering membutuhkan peralatan untuk mengubah ukuran dengan memperbesar atau memperkecil. Sebagai contoh, di pabrik semen dibutuhkan bahan baku batu kapur. Batu kapur sebelum masuk reaktor dilakukan pengecilan ukuran dengan cara *grinding*. Setelah dilakukan *grinding*, biasanya dilanjutkan dengan penyeragaman ukuran (*sizing*).

### 6. Peralatan Transportasi

Alat transportasi digunakan untuk memindah bahan dari satu tempat ke tempat lain. Contoh alat transportasi padat antara lain *belt conveyor* dan *screw conveyor*. Adapun alat transportasi cair dan gas biasanya menggunakan pipa, pompa (untuk cair), kompresor/*blower* (untuk gas), dan valve.

### 7. Peralatan Penampung

Sebelum dipindahkan ke tempat lain, bahan baku, produk, atau bahan perantara terlebih dahulu disimpan dalam alat penyimpan. Bahan cair dan gas biasanya disimpan dalam tangki penyimpan. Adapun bahan padat biasanya disimpan di silo, gudang, atau diletakkan di tempat terbuka.



Gambar 1.13 Tangki Penyimpan

Sumber: Alan Levine/Pxhere (2005)



#### Aktivitas 1.4

### Pembelajaran di Luar Kelas

Lakukan kunjungan industri di daerah kalian bersama teman satu kelas atau kelompok yang lebih kecil. Misalnya, industri minyak sawit, gula, etanol, atau industri skala kecil. Buatlah laporan hasil kunjungan dalam berbagai media

yang kalian minati seperti *flyer*, reportase, salindia, dan video. Laporan memuat informasi berikut.

1. Bahan baku yang digunakan.
2. Produk utama dan produk samping yang dihasilkan.
3. Proses produksi yang dilaksanakan.
4. Tuliskan reaksi kimianya (jika ada).
5. Peralatan yang digunakan dan fungsinya.
6. Cara pengoperasian dan perawatan peralatan proses produksi yang digunakan.
7. Pemasaran hasil di industri yang dikunjungi.

## G. Pengelolaan Sumber Daya Manusia

Keberadaan industri kimia diharapkan akan menjadikan Indonesia mampu mengolah sumber daya alam lebih baik sehingga nilai tambahnya lebih optimal. Sebagai contoh, minyak kelapa sawit mentah harganya hanya sekitar US\$ 870/ton, akan tetapi jika sudah diolah menjadi beta karoten harganya menjadi US\$ 350/kilogram. Sumber <https://www.cnbcindonesia.com/tahun> 2020.

Sumber daya manusia (SDM) adalah manusia yang bekerja pada suatu organisasi/instansi/perusahaan. SDM yang dikelola dengan baik akan meningkatkan efektivitas dan efisiensi perusahaan. Ada beberapa prinsip pengelolaan SDM, yaitu orientasi pada pelayanan, membangun kesempatan terhadap SDM agar berperan aktif, dan menemukan jiwa kewirausahaan untuk kepentingan perusahaan. Komponen SDM meliputi pengusaha, pimpinan, dan karyawan. Karyawan terbagi menjadi dua, yaitu karyawan operasional dan karyawan manajerial.

Dengan berlakunya Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) sejak tahun 2015, era persaingan bebas tidak dapat dihindarkan. Persaingan tersebut tidak hanya pada barang dan jasa, tetapi juga tenaga kerja, termasuk di bidang industri kimia. Oleh karena itu, dibutuhkan peningkatan kualitas tenaga kerja Indonesia. Untuk menjadi tenaga kerja bidang kimia industri, dibutuhkan kompetensi yang terstandardisasi dan dibuktikan dengan sertifikat kompetensi.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, sertifikat kompetensi diberikan kepada peserta didik oleh satuan pendidikan atau lembaga sertifikasi setelah lulus uji kompetensi. Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP) telah mengeluarkan Skema Sertifikasi KKNI Level II pada Kompetensi Keahlian Kimia Industri, maka SMK/MAK Kimia Industri Industri dapat menggunakan skema ini untuk uji kompetensi peserta didiknya. Berdasarkan data pokok SMK, jumlah SMK di Indonesia ada 14.459 sekolah. Dari jumlah tersebut, SMK yang memiliki jurusan kompetensi keahlian Kimia Industri sejumlah 132 sekolah, atau sekitar 1% dari total SMK. Sumber <https://dapo.kemdikbud.go.id/> tahun 2022.

Indonesia memiliki banyak industri kimia, yaitu industri kimia dasar, petrokimia, oleokimia, agrokimia, polimer, dan farmasi. Lulusan kimia industri biasanya menempati jabatan operator, karyawan *quality control*, petugas keselamatan, kesehatan, dan keamanan kerja (K3), serta bagian *research and development* (R&D).



### Rangkuman

1. Industri merupakan salah satu sektor paling penting dan menjadi prioritas dalam pembangunan nasional Indonesia. Salah satu industri tersebut adalah industri kimia. Industri yang termasuk industri kimia dasar, yaitu industri kimia organik, industri kimia anorganik, industri agrokimia, serta industri selulosa dan karet.
2. Rantai pasok meliputi semua tahapan dalam memenuhi permintaan pelanggan untuk pengembangan produk, pemasaran, operasi, distribusi, keuangan, layanan pelanggan, baik secara langsung maupun tidak langsung.
3. Proses produksi pada industri kimia, yaitu mengolah bahan baku (*raw material*) menjadi hasil (*product*) melalui serangkaian proses kimia mulai dari persiapan, sintesis, hingga pemisahan.



### Uji Kompetensi

**Kerjakan soal-soal berikut dengan benar!**

1. Apa yang kamu ketahui tentang industri kimia? Sebutkan empat produk dari industri kimia!
2. Sebutkan dan jelaskan empat langkah konsep perancangan produk!
3. Jelaskan yang dimaksud alur mata rantai pasok!
4. Buatlah bagan proses produksi di industri kimia! Berilah penjelasan tiap-tiap unit tersebut!
5. Sebut dan jelaskan tiga metode pemisahan yang dilakukan pada proses produksi!



### Pengayaan

Untuk menambah wawasan tentang industri kimia, lakukan penelusuran informasi materi tentang proses industri kimia.



### Refleksi

Silakan kamu renungkan, bagaimana perkembangan industri kimia di Indonesia saat ini? Bagaimana perannya terhadap pembangunan Indonesia?



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023**

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: mnbb/canva.com (2022)

## Bab 2

# Perkembangan Teknologi dan Isu-Isu Global di Dunia Industri Kimia

Tahukah kamu perbedaan teknologi konvensional dan modern dalam industri kimia? Bagaimana perkembangannya hingga saat ini?



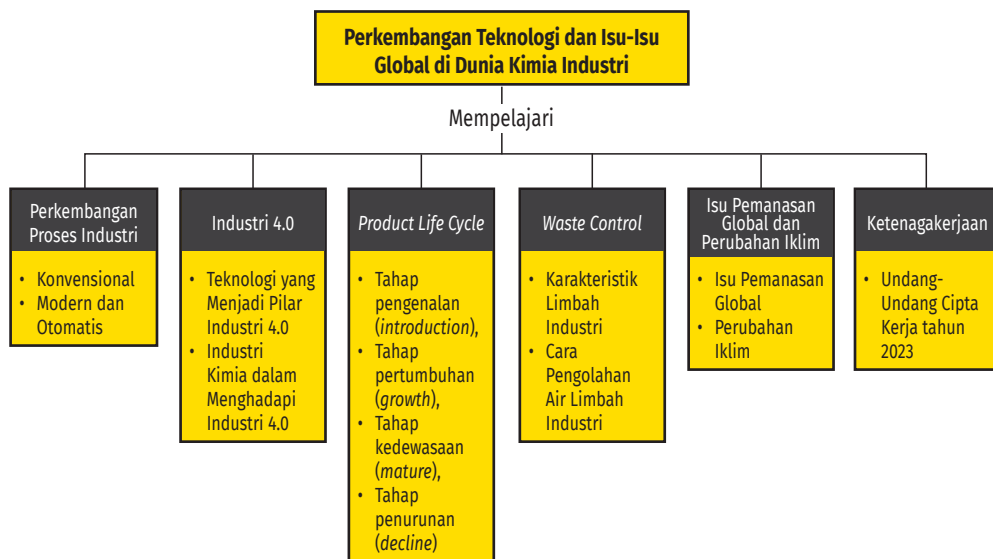
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- memahami perkembangan proses produksi industri kimia, mulai dari konvensional hingga teknologi modern;
- menjelaskan penerapan digitalisasi dan Industri 4.0 dalam industri kimia;
- mendeskripsikan konsep *product life cycle* dalam industri kimia;
- memahami pengaruh, peran, serta kontribusi industri kimia terhadap isu pemanasan global serta perubahan iklim;
- menjelaskan penerapan *waste control* di industri kimia; serta
- menjelaskan peraturan tentang ketenagakerjaan di industri kimia.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Teknologi, Digital, Otomatisasi, Industri 4.0, Pemanasan Global, Tenaga Kerja, Konvensional





Gambar 2.1 Timbangan Tradisional dan Timbangan Digital

Sumber: pxhere/CC0 Area publik (2022)

Dahulu timbangan konvensional banyak digunakan masyarakat. Ketika menggunakan timbangan konvensional, diperlukan anak timbangan dan membandingkan beratnya. Seiring perkembangan zaman muncul timbangan digital. Timbangan digital lebih mudah digunakan. Pengguna hanya meletakkan benda di atas timbangan dan akan keluar angka beratnya secara otomatis.

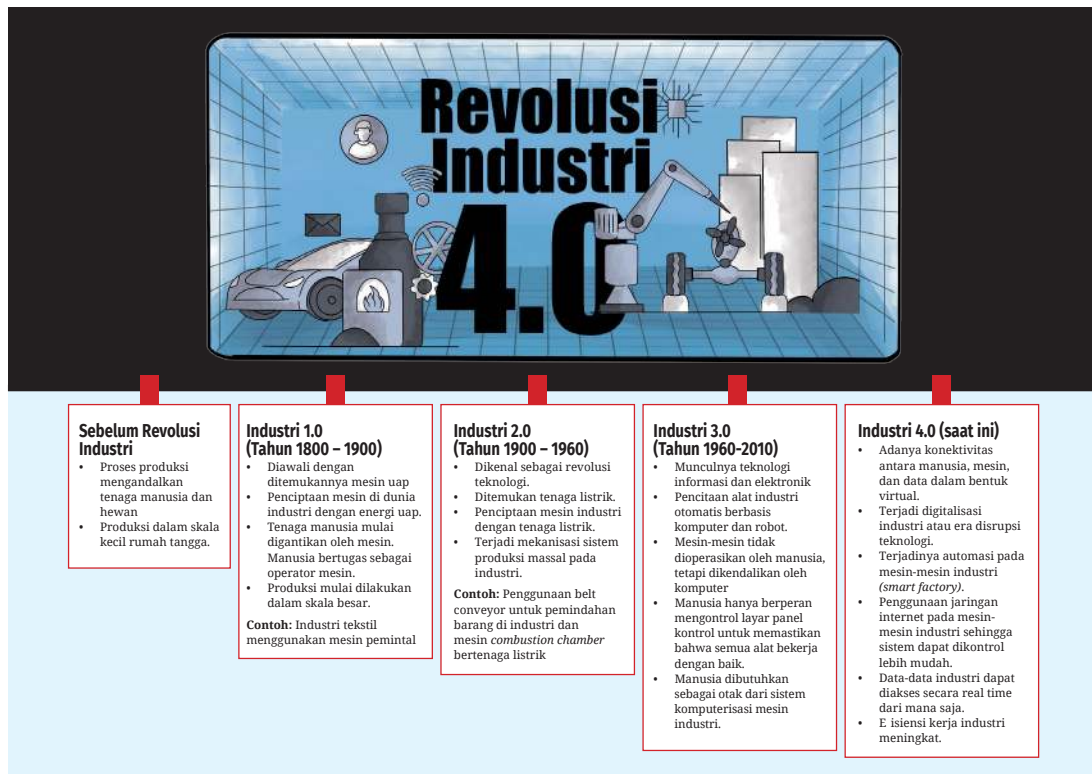
Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mampu menciptakan alat-alat yang memudahkan kehidupan masyarakat. Hal ini juga dialami oleh industri kimia. Lantas, bagaimana industri kimia menghadapi era Revolusi Industri 4.0? Kamu akan menemukan jawabannya setelah mempelajari materi pada bab ini.

## A. Perkembangan Proses Produksi pada Industri Kimia

Proses dan peralatan yang digunakan dalam dunia industri senantiasa mengalami perkembangan. Dahulu proses industri dilakukan secara manual dengan mengandalkan tenaga manusia atau hewan. Selanjutnya, proses produksi beralih menggunakan mesin-mesin hingga sekarang menggunakan sistem automasi.

### 1. Teknologi Konvensional Hingga Modern

Perkembangan dari teknologi konvensional hingga modern dalam dunia industri berkaitan erat dengan revolusi industri yang terjadi di dunia. Adapun perkembangan industri sebagai berikut.



Gambar 2.2 Infografik perkembangan Revolusi Industri.

## 2. Perkembangan Proses Produksi Industri Kimia

Pada pembahasan sebelumnya, kamu telah mengetahui pengaruh teknologi terhadap perkembangan peralatan dan proses dalam industri kimia. Terdapat tiga proses dalam industri kimia, yaitu proses *batch*, *semi-batch*, dan *continuous flow*. Penjelasan ketiga proses tersebut sebagai berikut.

### a. *Batch*

Pernahkah kamu memasak mi instan? Saat air mendidih, kamu akan memasukkan bahan mi dan membiarkannya hingga matang. Saat mi matang, proses memasak telah selesai. Selanjutnya, mi tersebut kamu hidangkan untuk disantap.

Proses memasak mi instan menunjukkan contoh proses *batch*. *Batch* merupakan suatu proses dimasukkannya bahan baku ke dalam reaktor pada awal proses. Selanjutnya, produk diambil setelah proses tersebut selesai. Selama proses *batch*, tidak dilakukan penambahan bahan baku ataupun pengambilan produk. Contoh industri kimia yang menggunakan proses *batch* dalam proses produksi adalah industri makanan, seperti *nata de coco*.

### b. *Semi-Batch*

Apakah kamu pernah memasak sayur sop? Sayur sop membutuhkan beberapa bahan yang cukup banyak, bukan? Saat memasak sayur sop, bahan-bahan tidak dimasukkan secara bersamaan. Penambahan bahan-bahan dilakukan secara bertahap selama proses pembuatan sayur sop. Ada kentang dan wortel yang mungkin kamu masukkan di awal proses masak. Selanjutnya, kamu perlu menambahkan daun seledri di akhir proses. *Nah*, proses ini dianalogikan sebagai proses *semi-batch*.

Dalam industri kimia, proses *semi-batch* merupakan sebuah proses penambahan bahan baku atau pengambilan produk secara berkala selama proses produksi. Contoh proses *semi-batch* dalam industri kimia adalah proses pembuatan oksida besi. Dalam pembuatan oksida besi, bahan pengoksidasi seperti oksigen atau udara dialirkan secara berkala masuk dan keluar proses. Adapun bahan baku besi dimasukkan satu kali dalam reaktor. Selanjutnya, produk diambil setelah proses pembentukan oksida besi selesai.

### c. *Continuous Flow*

Pada proses kontinu atau *continuous flow*, baik bahan baku maupun produk sama-sama mengalir secara konstan selama proses berlangsung. Adapun contoh proses kontinu dalam industri kimia adalah industri kilang minyak.



#### Aktivitas 2.1

Coba amati peralatan yang ada di laboratorium sekolahmu. Selanjutnya, klasifikasikan alat-alat tersebut dalam kategori alat konvensional/manual atau alat otomatis/alat digital.



#### Aktivitas 2.2

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 2–3 peserta didik. Selanjutnya, carilah sepuluh contoh peralatan dalam industri kimia yang masih konvensional dan dioperasikan secara manual serta peralatan automasi yang dioperasikan secara digital. Cantumkan gambar serta sumber yang kalian gunakan dalam tugas ini.

## B. Pengaruh Revolusi Industri 4.0 terhadap Industri Kimia

Revolusi Industri 4.0 dikenal dengan *cyber physical*, yaitu era yang ditandai adanya konektivitas antara manusia, data, dan mesin dalam bentuk virtual. Era ini juga disebut sebagai revolusi digital dan era disrupsi teknologi. Pada era

Revolusi Industri 4.0 terjadi pergeseran ke arah teknologi digital sehingga mendorong terjadinya automasi di berbagai bidang kehidupan. Tenaga manusia yang berperan sebagai operator pun akan berubah menjadi tenaga ahli dengan kompetensi cukup tinggi.



Gambar 2.3 Manusia Sebagai Operator untuk Mengontrol Jalannya Proses Produksi dalam Industri 4.0

Sumber: Ferlyn (2022).

## 1. Teknologi yang Menjadi Pilar Utama Revolusi Industri 4.0

Terdapat sembilan teknologi yang menjadi pilar dalam pengembangan industri digital, yaitu *internet of things*, *artificial intelligence*, *big data*, *cloud computing*, *additive manufacturing*, *augmented reality*, *cyber security*, *simulation*, dan *system integration*.



### Aktivitas 2.3

Carilah informasi dari berbagai sumber mengenai sembilan teknologi yang menjadi pilar Revolusi Industri 4.0 serta contohnya. Kamu dapat mengumpulkan informasinya melalui buku, internet, jurnal, atau sumber relevan lainnya. Sajikan hasilnya di buku tugas dan presentasikan secara bergantian di depan kelas.

## 2. Penerapan Dasar Teknologi Industri 4.0 dalam Lingkup Teknik Kimia Industri



Gambar 2.4 Digitalisasi Industri dalam Industri 4.0

Sumber: Jamesteohart/Canva.com (2022)

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi dasar kemajuan industri kimia, khususnya dalam proses produksi. Dampaknya, proses industri berjalan lebih efisien dan menghasilkan produk berkualitas sesuai kebutuhan konsumen. Sejak Industri 3.0 dan awal mula penggunaan komputer, industri kimia telah menerapkan teknologi komputasi dalam proses industri. Proses produksi menggunakan mesin-mesin secara otomatis dan terkontrol oleh sistem. Manusia memegang peran sebagai *brainware* untuk mengembangkan program komputer yang sesuai. Peran tersebut bertujuan agar proses produksi berjalan dengan baik serta operator menjadi pengontrol jalannya proses. Kondisi ini mendorong industri kimia menjadi salah satu industri yang siap menerapkan teknologi dalam Industri 4.0.

Beberapa contoh penerapan teknologi Industri 4.0 dalam proses industri kimia sebagai berikut.

### a. *Internet of Things (IoT)* dalam Proses Industri Kimia

Pesatnya perkembangan teknologi mendorong kemudahan berbagai aktivitas manusia di berbagai bidang kehidupan. Sebagai contoh, dengan koneksi internet, kamu dapat menyalakan atau mematikan lampu rumah dari jarak jauh. Selain itu, keberadaan internet memudahkan serangkaian sistem atau perangkat dapat saling terkoneksi.

Dalam Industri 4.0, penerapan jaringan internet akan memungkinkan semua unit proses dalam industri kimia terkoneksi sehingga dapat menampilkan data *real time*. Sebagai contoh, penggunaan teknologi di perusahaan farmasi yang



memanfaatkan IoT dengan memasang sensor pada sistem mesin produksi, seperti *liquid mixing*, *liquid filling*, dan *tablet coater* yang terhubung *software* tertentu. Data pada tiap unit proses pun dapat ditampilkan secara *real time*. Setiap kondisi yang terjadi pada proses dapat dikontrol dan dipantau dengan baik.

Kemampuan menampilkan data secara *real time* sangat penting. Bahkan, apabila terjadi permasalahan secara mendadak juga dapat segera terdeteksi dan teratasi lebih cepat. Dengan koneksi internet, data-data *real time* tiap unit proses dapat ditampilkan pada perangkat lain, bahkan dapat dipantau dari jarak jauh menggunakan perangkat *mobile*. Teknologi ini memudahkan pengawasan seluruh proses secara terpusat dan proses pemantauan keseluruhan proses secara terpusat dapat dilakukan dengan lokasi unit proses yang terpisah.

#### **b. Artificial Intelligence (AI) dalam Proses Industri Kimia**

Dalam industri kimia, AI diaplikasikan dalam bidang riset untuk pengembangan produk dalam proses produksi, pemasaran, serta distribusi. Penerapan AI dalam industri kimia sebagai berikut.

##### **1) Artificial Intelligence (AI) untuk Optimasi Proses dan Produk**

Proses produksi dalam industri kimia memiliki kondisi operasi tertentu, seperti suhu, tekanan, dan konsentrasi larutan. Data-data kondisi operasi tersebut dapat dideteksi oleh sensor dan ditampilkan datanya secara *real time* setiap saat. AI akan mengolah data-data tersebut sehingga dapat mengoptimalkan *setting* kondisi operasi saat proses produksi, serta dapat melakukan *trouble shooting* saat terjadi ketidaksesuaian kondisi operasi selama proses. Dengan demikian, kesalahan produksi dapat dihindari dengan hasil produk yang konsisten. Selain itu, AI dapat diterapkan untuk memprediksi dan menyimulasi variasi produk baru dengan kualitas lebih baik.

##### **2) Artificial Intelligence (AI) untuk Memprediksi Kualitas Produk**

Kesesuaian kualitas produk dengan standar yang telah ditetapkan biasanya dilakukan pemeriksaan oleh seorang staf khusus. Apabila kondisi barang tidak sesuai standar, akan disimpan dan tidak dipasarkan keluar. Dengan adanya AI, kegiatan tersebut dapat dilakukan dengan mudah. Melalui algoritma-algoritma yang diterapkan pada sistem dan analisis data *real time* yang diperoleh selama proses produksi berlangsung, permasalahan dapat terdeteksi sejak dini. AI akan memberikan informasi secara cepat saat terjadi masalah, sehingga produk dapat diselamatkan atau proses produksi dapat dihentikan sementara agar tidak menimbulkan kerugian besar bagi industri.

### 3) **Artificial Intelligence (AI) untuk Memprediksi Pemeliharaan Peralatan**

Industri kimia pada umumnya terdiri atas beberapa unit proses yang menggunakan peralatan berat, besar, dan kompleks. Pemeliharaan peralatan biasanya dilakukan berdasarkan jadwal atau saat alat mengalami kerusakan. Apabila terjadi kerusakan pada alat, produksi terpaksa dihentikan dan mengalami keterlambatan.

Dengan menerapkan teknologi AI, data operasional dan historis alat selama beroperasi dapat dianalisis dan dinilai performanya pada masa mendatang. Dengan demikian, pelaku industri kimia dapat menentukan waktu yang tepat untuk melakukan perawatan untuk menghindari kerusakan pada alat. Upaya ini bertujuan mengurangi terjadinya pemberhentian proses produksi yang tidak terencana dan mengurangi biaya *maintenance/* pemeliharaan.

#### c. **Cloud Computing dalam Proses Industri Kimia**

*Cloud computing* merupakan sebuah teknologi menggunakan internet sebagai pusat pengelolaan data dan aplikasi. Aplikasi teknologi 4.0 dalam dunia industri tidak terlepas dari data-data digital. Data-data digital ini membutuhkan media penyimpanan yang mudah diakses setiap saat dan di mana saja. Dengan *cloud computing*, pelaku industri dapat lebih mudah memperoleh akses data kapan dan di mana pun serta dalam pengolahan antardata.

#### d. **Augmented Reality (AR) dalam Proses Industri Kimia**

Pernahkah kamu melakukan kunjungan museum secara virtual? Museum virtual merupakan salah satu contoh penerapan teknologi *Augmented Reality* (AR). Dengan bantuan AR, objek museum dapat dihadirkan dalam dunia nyata. Teknologi ini memberikan pengalaman baru dan menyenangkan bagi pengguna karena dapat berinteraksi dalam dunia nyata dengan objek. Lantas, bagaimana penerapan teknologi AR dalam dunia industri kimia?

##### 1) **Augmented Reality (AR) dalam Proses Kontrol Industri**

Penggunaan aplikasi AR dalam industri kimia memungkinkan para operator mengontrol alat-alat industri bekerja. Melalui aplikasi yang terhubung dengan *smartphone* atau dengan kacamata AR, operator dapat memperoleh bayangan visual saat mesin-mesin beroperasi secara *real time*.

Teknologi AR membawa banyak kemajuan dan kemudahan dalam mengontrol proses industri. AR juga bermanfaat bagi unit dengan kondisi proses yang ekstrem dan membahayakan pekerja. AR mampu meminimalisasi interaksi antara pekerja dengan peralatan secara langsung.

## 2) *Augmented Reality (AR)* dalam Perbaikan (*Maintenance*) Alat Industri

AR juga dapat diterapkan dalam proses perbaikan (*maintenance*) alat-alat industri. AR membantu melihat kondisi alat secara jelas. Dengan demikian, akan diketahui bagian yang perlu diperbaiki dan yang tidak, tanpa harus membongkarnya atau melihat secara fisik terlebih dahulu. Upaya ini memudahkan proses *maintenance* karena perbaikan dapat berfokus pada bagian tertentu saja. Dengan demikian, biaya perbaikan dan perawatan alat juga dapat diminimalisasi.

Dengan kombinasi teknologi AR dan *video conference*, teknisi juga dapat membantu perbaikan dengan memberikan rekomendasi perbaikan alat, tanpa harus datang secara fisik ke industri. AR memberikan kemudahan untuk berkomunikasi antardivisi jika terjadi permasalahan, tanpa harus bertatap muka.



Gambar 2.5 Penggunaan teknologi AR untuk memeriksa alat industri dengan aplikasi *smartphone*

Sumber: Nanostockk/Canva.com (2022)

## 3) *Augmented Reality (AR)* dalam Pemasaran Produk

AR dapat diterapkan dalam pemasaran produk. AR memberikan pengalaman menarik bagi konsumen untuk melihat produk. Dengan bantuan AR, contoh produk tidak hanya dalam bentuk foto produk dua atau tiga dimensi, tetapi produk dapat terlihat lebih jelas seperti nyata. Konsumen dapat lebih merasakan bentuk produk tersebut seolah-olah memegangnya, padahal hanya visualisasi produk. Upaya ini akan meningkatkan kepuasan konsumen terhadap produk yang dibeli karena sesuai dengan penawaran dan keinginan konsumen.

AR juga sangat berguna dalam pengaturan gudang sebelum produk dipasarkan. Dengan bantuan AR, karyawan dapat lebih mudah mengidentifikasi lokasi produk disimpan, jadwal pengiriman, dan jumlah stok seperti tampak pada gambar 2.6.





Gambar 2.6 Penerapan AR dalam pengaturan produk di gudang

Sumber: Nanostockk/Canva.com, (2022)

#### e. *Cyber Security* dalam Proses Industri Kimia

Penerapan teknologi Industri 4.0 berpengaruh terhadap kegiatan industri dalam melakukan proses transfer data dan penggunaan koneksi internet. Oleh karena itu, diperlukan *cyber security* untuk menjaga keamanan data-data dan informasi industri. Dengan sistem keamanan siber yang baik, data-data dan informasi penting dari industri tidak dapat diretas. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan sistem keamanan enkripsi saat proses transfer data atau informasi digital.

Itulah beberapa contoh penerapan teknologi Industri 4.0 yang membawa dampak cukup besar dalam industri kimia. Teknologi tersebut sebenarnya berkaitan dan saling mendukung dalam penerapannya di industri. Dengan demikian, terbentuk digital industri yang dikenal sebagai *smart factory*.

Saat ini Indonesia juga mempersiapkan diri menghadapi Revolusi Industri 4.0. Berdasarkan peta jalan *Making Indonesia 4.0* Kementerian Perindustrian tahun 2018-2030, berikut ini adalah rencana startegis yang dilakukan oleh industri kimia dalam menghadapi Revolusi 4.0.

Tabel 2.1 Rencana Strategis Industri Kimia di Indonesia Menghadapi Revolusi 4.0

Aspek	Teknologi Industri 4.0 yang Digunakan
Manajemen Aset	<i>Internet of Things</i> untuk pengoperasian peralatan (turbin, kompresor, <i>estruders</i> , dan lainnya). <i>Artificial Intelligence</i> untuk mendiagnosis potensi kerusakan peralatan serta menyusun jadwal perawatan dan rencana pengadaan komponen.

Aspek	Teknologi Industri 4.0 yang Digunakan
Manajemen Sumber Daya	<i>Internet of Things</i> untuk memonitor kondisi operasi proses, seperti aliran, suhu, tekanan, konsentrasi, dan lainnya. <i>Artificial Intelligence (AI)</i> untuk melakukan <i>data mining</i> dan <i>modelling</i> .
Manajemen Risiko Keamanan Tenaga Kerja	<i>Advanced Robotics (AR)</i> untuk memudahkan tenaga kerja dalam melakukan pemeriksaan peralatan/lokasi pabrik yang berbahaya, seperti jalur kabel dan pipa tangki kimia. <i>VR Wearable</i> untuk melatih pekerja secara <i>virtual</i> dalam menangani berbagai situasi di lokasi.
Manajemen Supply Chain	<i>3D printing</i> untuk pengembangan produk. AI untuk menyusun perkiraan peluang pemasaran dan permintaan konsumen dengan mempertimbangkan berbagai variabel, seperti dampak musim, perubahan regulasi, dan strategi perusahaan. IoT untuk memonitor kondisi bahan kimia selama pengiriman serta mengirimkan peringatan dan <i>troubleshooting</i> jika terjadi masalah selama proses pengiriman bahan kimia.

Sumber: Dokumen Making Indonesia 4.0, Kementerian Perindustrian (2018)



#### Aktivitas 2.4

### Mengidentifikasi Industri Kimia yang Menerapkan Teknologi 4.0

Aktivitas ini berbentuk proyek dan dikerjakan di luar jam pelajaran. Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–4 peserta didik. Carilah informasi tentang industri kimia di daerah tempat tinggalmu dan di Indonesia yang menerapkan teknologi 4.0. Selanjutnya, buatlah laporan tentang hal-hal berikut.

1. Apa nama industri tersebut dan produk apa yang dihasilkan?
2. Apa saja teknologi Industri 4.0 yang diterapkan?
3. Bagaimana teknologi tersebut diterapkan pada tahapan proses produksi industri kimia?
4. Bagaimana pengaruh penerapan teknologi 4.0 terhadap perkembangan industri tersebut?
5. Bagaimana langkah-langkah yang dilakukan oleh industri tersebut untuk menjadi *smart factory*?

Kalian dapat mencari informasi dengan mewawancarai alumni atau wali murid yang bekerja di industri, melakukan kunjungan industri, atau mencari informasi melalui berbagai sumber yang relevan, seperti buku, jurnal, atau internet. Cantumkan sumber-sumber yang kalian gunakan. Catatlah hasil informasi yang kalian peroleh untuk dilaporkan pada akhir pertemuan Bab 2.

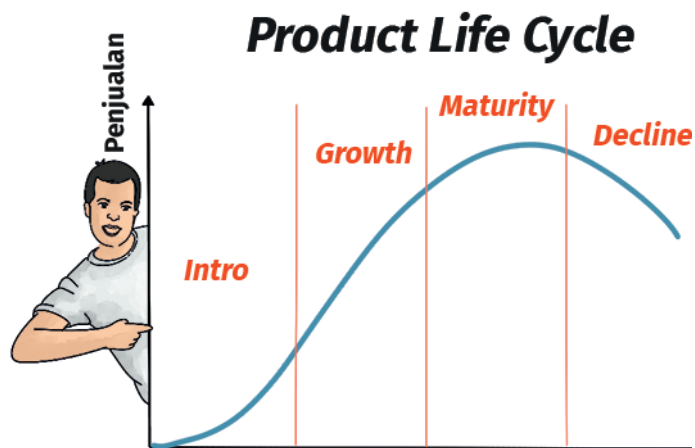
### C. Product Life Cycle pada Industri Kimia

*Product life cycle* atau siklus hidup produk merupakan tahapan-tahapan yang dilalui oleh suatu produk mulai dari diluncurkan ke pasar, produk mulai dikenal dan naik daun, sampai akhirnya hilang di pasaran karena sudah tidak lagi dibutuhkan atau karena persaingan produk.

Siklus hidup produk secara umum terbagi atas empat tahapan sebagai berikut.

1. Tahap pengenalan (*introduction*), merupakan tahap mengenalkan atau meluncurkan produk baru ke pasar. Diperlukan strategi agar pasar mengetahui dan mengenal suatu produk, serta dilakukan pengiklanan produk yang umumnya membutuhkan modal tinggi.
2. Tahap pertumbuhan (*growth*), merupakan tahap ketika pasar sudah mengenal produk, penjualan meningkat, dan produsen memperoleh keuntungan.
3. Tahap kedewasaan (*mature*), merupakan tahap ketika produksi semakin besar, tetapi mulai ada persaingan pasar dengan produk lain. Minat konsumen terhadap produk mulai turun. Biasanya produsen mulai menurunkan harga untuk mempertahankan konsumen. Produsen mulai melakukan inovasi produk.
4. Tahap penurunan (*decline*), merupakan tahap ketika produk mengalami penurunan eksistensi di pasar. Pasar mulai bosan dan ingin beralih ke produk yang lebih baru. Inovasi produk dilakukan untuk mempertahankan produknya di pasaran, seperti berganti kemasan atau menambah varian.

Siklus hidup produk ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain perkembangan teknologi, perubahan tren dalam masyarakat, banyaknya kompetitor, dan kondisi ekonomi masyarakat.



Gambar 2.7 Tahapan Siklus Hidup Produk

Berikut ini contoh siklus hidup produk teh kemasan.



#### 1. Tahap Pengenalan

- Produk Tehmoe baru diluncurkan dengan menjual teh seduh.
- Dilakukan Promosi "CICIP TEH" di pasar-pasar.
- Penjualan teh seduh yang kurang diminati, Tehmoe dijual dalam bentuk botol.

#### 2. Tahap Pertumbuhan

- Penjualan teh botol TehMoe semakin marak dilakukan. Produk dijual ke warung, supermarket, dan kios-kios. Produk semakin terkenal di masyarakat.

#### 3. Tahap Kedewasaan

- Pasar mulai jenuh dengan produk, dan muncul persaingan pasar dengan produk yang baru.
- Produsen melakukan inovasi dengan kemasan botol menjadi lebih kecil sehingga lebih mudah dibawa dan menambah varian-varian rasa sehingga menarik pembeli.

#### 4. Tahap Penurunan

- Penjualan produk semakin menurun.
- Produsen melakukan beragam inovasi produk seperti membuat kemasan baru dalam botol plastik, tetra pak, pouch, varian baru seperti minuman teh tanpa gula atau rendah gula dan teh celup.

Gambar 2.8 Siklus Hidup Produk Teh Kemasan



#### Aktivitas 2.5

Carilah satu barang di rumahmu yang termasuk hasil industri kimia. Selanjutnya, carilah siklus hidup produk tersebut dari awal diluncurkan sampai saat ini! Sajikan hasilnya di buku catatanmu.



#### Aktivitas 2.6

Aktivitas ini termasuk tugas Proyek Bab 2 yang dikerjakan di luar jam pelajaran. Coba gali lebih dalam mengenai industri kimia yang telah kalian pilih pada Aktivitas 2.4. menggunakan beberapa pertanyaan berikut.

1. Apa jenis produk yang dihasilkan?
2. Apa saja tahapan proses untuk menghasilkan produk?
3. Bagaimana siklus hidup produk tersebut dari awal diluncurkan sampai saat ini?

Catatlah hasil informasi yang kalian peroleh untuk dilaporkan di akhir pertemuan Bab 2.

## D. Pengendalian Limbah (*Waste Control*) di Industri Kimia

Coba perhatikan tempat sampah di dapur rumahmu. Kamu tentu akan melihat sampah rumah tangga sisa hasil memasak di tempat sampah tersebut. Sebagaimana di dapur, industri kimia dengan berbagai unit produksinya tentu menghasilkan limbah. Bahan kimia yang digunakan sebagai bahan baku, mungkin memiliki sisa-sisa bahan yang akan berakhir menjadi sampah/limbah. Bahan kimia yang digunakan tersebut dapat berbahaya dan tidak berbahaya. Selain itu, dalam proses penanganan atau *treatment* bahan baku, seperti pengecilan ukuran, pencampuran, dan lainnya juga berpotensi menghasilkan limbah atau sampah. Selanjutnya, saat melewati proses produksi, dengan proses kimia dan fisika tentu akan menghasilkan limbah atau sampah.

Setiap industri kimia akan menghasilkan banyak limbah. Oleh karena itu, setiap industri kimia memiliki unit pengendalian limbah. Unit tersebut berguna untuk mengolah limbah agar aman bagi lingkungan. Adapun jenis-jenis limbah yang dihasilkan industri kimia antara lain limbah kimia organik, limbah kimia anorganik, limbah pelarut atau *solvent*, limbah yang mudah meledak, limbah radioaktif, limbah yang tidak aktif, limbah yang dapat diuraikan (*biodegradable*), limbah yang berminyak, limbah bahan-bahan logam atau besi, dan limbah umum yang terkontaminasi.



### Aktivitas 2.7

1. Pilihlah jenis-jenis sampah yang kalian temui di rumah atau sekitar lingkungan tempat tinggal kalian. Catat hasilnya dalam tabel berikut ini.

Jenis Sampah Rumah Tangga	Contoh
Sampah organik	
Sampah anorganik	

Jenis Sampah Rumah Tangga	Contoh
Sampah yang tidak dapat diolah kembali	
Sampah yang dapat diolah lagi	

2. Selanjutnya, carilah contoh jenis limbah industri dan sajikan seperti pada tabel berikut.

Jenis Limbah industri	Contoh
Limbah kimia organik	
Limbah kimia anorganik	
Limbah pelarut atau <i>solvent</i>	
Limbah yang mudah meledak	
Limbah radioaktif	
Limbah bahan-bahan logam atau besi	
Limbah yang dapat diuraikan ( <i>biodegradable</i> )	

## 1. Karakteristik Air Limbah Industri

Sebelum melakukan pengendalian air limbah industri perlu diketahui karakteristik air limbah yang akan diolah. Karakteristik air limbah industri sebagai berikut.

### a. Karakteristik Fisika

Kondisi fisik limbah ini dapat dilihat secara jelas dan dirasakan langsung. Sebagai contoh, kekeruhan, bau, warna, suhu, dan kandungan endapan.

### b. Karakteristik Kimia

Kandungan kimia yang terkandung dalam air limbah sebagai berikut.

- 1) Kimia organik, seperti minyak, protein, lemak, dan lainnya. Besaran yang biasanya digunakan untuk mengukur pencemaran kimia organik dalam air limbah, yaitu BOD dan COD.
- 2) Kimia anorganik, seperti kandungan senyawa klorida, sulfur, tembaga, timbal, Cs, Cr, As, dan lainnya. Selain itu, dalam air limbah terdapat kandungan gas-gas beracun, seperti gas metana.

### c. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi merupakan kandungan makhluk hidup dalam air limbah, seperti lumut, bakteri, virus, plankton, benthos, dan lainnya (Solichin, 2012).

## 2. Pengendalian Air Limbah Industri Kimia

Pengendalian air limbah industri kimia dapat dilakukan melalui empat cara berikut.

### a. Proses Pengolahan Fisika

Sebelum proses pengolahan air limbah dalam industri kimia biasanya dilakukan pemisahan padatan-padatan dari cairan terlebih dahulu. Proses ini disebut pengolahan fisika. Proses ini bertujuan untuk mengurangi beban pengolahan selanjutnya, menyeleksi bahan-bahan yang masih bermanfaat dan dapat digunakan kembali, serta menghindari kerusakan peralatan seperti pipa, dan pompa. Pengolahan fisika yang dapat dilakukan, yaitu mengayak, sedimentasi, dan pengapungan (Ervina, 2018).

- 1) Mengayak bertujuan menyaring partikel-partikel besar menggunakan ayakan.
- 2) Sedimentasi merupakan proses pemisahan partikel-partikel dengan proses pengendapan. Partikel yang memiliki massa lebih berat daripada air akan mengendap dan dapat dipisahkan dari air limbah.
- 3) Pengapungan merupakan pemisahan partikel dengan berat yang lebih rendah daripada air. Misalnya, memisahkan kandungan minyak dari air limbah.

### b. Proses Pengolahan Kimia

Proses ini menggunakan zat-zat kimia untuk mengurangi jumlah zat pencemar yang terkandung dalam air limbah. Proses pengolahan secara kimia yang dapat dilakukan sebagai berikut.

#### 1) Netralisasi

Proses ini dilakukan untuk melakukan penetralan air limbah dengan nilai pH yang terlalu rendah atau terlalu tinggi sebelum dibuang ke lingkungan.

#### 2) Presipitasi

Presipitasi merupakan salah satu cara untuk menghilangkan zat terlarut dalam air limbah. Proses ini dilakukan dengan menambahkan zat kimia yang dapat bereaksi dengan zat terlarut tersebut dan menghasilkan padatan-padatan atau endapan. Presipitasi biasanya digunakan untuk menghilangkan logam berat, sulfat, florida, dan garam-garam besi.

#### 3) Koagulasi atau Flokulasi

Proses ini bertujuan membentuk gumpalan-gumpalan pada zat terlarut atau kontaminan dalam air limbah. Proses koagulasi ini dilakukan pada air limbah yang berbentuk koloid. Dengan penambahan koagulan, partikel koloid akan bersatu dan membentuk gumpalan yang besar. Koagulan yang biasa digunakan dalam industri kimia antara lain alum, ferro sulfat, *poly aluminium chlorida*, dan lainnya.



### c. Proses Pengolahan Biologi

Proses ini dilakukan untuk mengurangi zat organik dengan bantuan mikroorganisme melalui reaksi biokimia. Jenis proses yang dapat dilakukan dalam pengolahan biologi sebagai berikut.

- 1) Proses secara aerob, yaitu proses pengolahan limbah dengan adanya kandungan oksigen yang dapat digunakan mikroorganisme untuk menguraikan limbah.
- 2) Proses secara anaerob, yaitu proses pengolahan limbah yang tidak tersedia kandungan oksigen sehingga bakteri akan menguraikan zat organik menjadi gas metan.
- 3) Proses secara fakultatif, yaitu mikroorganisme yang digunakan dalam proses pengolahan limbah mampu beradaptasi baik pada kondisi tersedia oksigen maupun tidak.

Unit yang biasa digunakan pada proses pengolahan limbah secara biologis ada dua, yaitu reaktor lumpur aktif atau unit aerasi dan kolam stabilisasi (Solichin, 2012).

### d. Pengolahan Lanjut dengan Cara Khusus

Selain ketiga metode yang telah dijelaskan di atas, ada juga kondisi air limbah yang tidak dapat ditangani menggunakan metode tersebut. Misalnya, air limbah yang mengandung ion-ion organik. Metode lain yang dilakukan untuk menangani masalah limbah tersebut meliputi pengolahan dengan *ion exchange*, adsorpsi karbon aktif, *reverse osmosis*, dan lainnya.

Selain proses pengolahan limbah, pengendalian limbah di industri kimia dapat dilakukan dengan penerapan produksi bersih. Produksi bersih ini menerapkan prinsip 5R, yaitu *Rethink*, *Reduction*, *Reuse*, *Recycle*, dan *Recovery*.



#### Aktivitas 2.8

Aktivitas ini menjadi tugas Proyek Bab 2 yang dikerjakan di luar jam pelajaran. Berdasarkan industri kimia yang telah dipilih pada **Aktivitas 2.4** dan **Aktivitas 2.6**, selanjutnya carilah informasi mengenai beberapa pertanyaan berikut.

1. Apa jenis produk yang dihasilkan oleh industri kimia?
2. Apa saja jenis limbah yang dihasilkan oleh industri kimia tersebut?
3. Bagaimana cara pengolahan limbah dan pembuangannya ke lingkungan?

Catatlah hasil informasi yang kalian peroleh untuk dilaporkan pada akhir pertemuan Bab 2.





## Aktivitas 2.9

### Melakukan Percobaan Penjernihan Air Limbah

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–5 peserta didik. Selanjutnya, lakukan kegiatan percobaan penjernihan air limbah berikut ini.

#### Alat dan Bahan:

Kasa, pasir, arang aktif, kerikil, botol plastik 1,5 L, ijuk, Zeolit, dan air limbah.

#### Langkah Kerja:

1. Potong bagian dasar botol hingga menjadi terbuka.
2. Masukkan kain kasa ke dalam botol plastik dari posisi terbalik (mulut botol di bagian bawah dan dasar botol yang terbuka di bagian atas), sehingga kasa memenuhi bagian mulut botol.
3. Masukkan bahan-bahan: Kasa, pasir, arang aktif, kerikil, ijuk, Zeolit ke dalam botol. Tentukan urutan peletakkan bahan tersebut agar diperoleh air yang jernih.
4. Masukkan sampel air limbah ke dalam botol plastik secara perlahan dan buka tutup pada mulut botol. Air hasil filtrasi dan adsorpsi akan keluar melalui mulut botol.
5. Bandingkan hasil air limbah sebelum masuk botol dengan air yang keluar dari botol.

Buatlah kesimpulan dan laporan dari hasil percobaan dalam bentuk *slide* presentasi, video, atau laporan tertulis.

## E. Pengaruh, Peran, dan Kontribusi Industri Kimia dalam Isu Pemanasan Global dan Perubahan Iklim

Pada gambar 2.9 kamu dapat melihat tanah mengering akibat pemanasan global (sebelah kiri) dan suhu bumi normal sehingga rumput tumbuh subur di tanah (kanan). Gambar tersebut menunjukkan ciri terjadinya pemanasan global. Pemanasan global merupakan sebuah fenomena peningkatan suhu bumi, baik di atmosfer, darat, maupun lautan.

### 1. Isu Pemanasan Global

Bagaimana proses terjadinya pemanasan global? Pemanasan global disebabkan oleh efek rumah kaca. Efek rumah kaca di bumi disebabkan oleh kandungan gas  $\text{CO}_2$  yang sangat banyak di atmosfer. Akibatnya, cahaya matahari yang sampai ke bumi tidak dapat dipantulkan kembali ke luar atmosfer



Gambar 2.9 Perbandingan kondisi bumi normal dan terjadi pemanasan global  
Sumber: Gorsh13/Canva.com (2022)

karena tertahan oleh jumlah gas CO<sub>2</sub> yang cukup banyak. Hal ini menyebabkan cahaya matahari terperangkap sehingga suhu di bumi pun meningkat (Hari, 2019).

Lantas, bagaimana keterkaitan industri kimia dengan isu pemanasan global? Pembukaan lahan untuk area industri terkadang harus dengan melakukan penebangan pohon pada area hutan. Hal ini secara langsung menyebabkan makin berkurangnya jumlah pohon yang dapat menangkap gas CO<sub>2</sub> di atmosfer. Selain itu, aktivitas industri kimia, seperti penggunaan mesin produksi dan alat transportasi untuk distribusi produk yang menghasilkan polusi gas CO<sub>2</sub> juga mendorong terjadinya pemanasan global.

Para ilmuwan dalam bidang teknik kimia terus mengembangkan penelitian dan ilmu pengetahuan untuk menanggulangi masalah polusi gas CO<sub>2</sub>. Beberapa hasil penelitian, seperti material-material yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi gas CO<sub>2</sub> sudah banyak dihasilkan. Material ini dapat dimanfaatkan oleh industri kimia untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> yang dibuang ke udara. Para peneliti pun terus berusaha mengembangkan proses industri yang lebih ramah lingkungan dan meminimalisasi pelepasan emisi gas-gas berbahaya ke atmosfer.



Gambar 2.10 Emisi gas dari aktivitas industri dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global

Sumber: Aluxum/Canva.com (2022)

## 2. Perubahan Iklim

Peningkatan suhu bumi akibat pemanasan global berdampak terjadinya perubahan iklim. Iklim akan mulai tidak stabil. Misalnya, suhu di daerah tropis akan menjadi lebih hangat, sedangkan suhu pada musim kemarau akan meningkat. Kondisi demikian menyebabkan banyak air yang menguap dari lautan sehingga menyebabkan tingkat kelembapan makin meningkat dan curah hujan makin tinggi. Perubahan-perubahan tersebut juga dapat menyebabkan angin yang bertiup menjadi lebih kencang. Akibatnya, pola cuaca sulit diprediksi dan menjadi ekstrem (Hari, 2019).

Industri kimia ikut andil sebagai penyebab terjadinya perubahan iklim. Aktivitas industri kimia menjadi penyumbang emisi karbon yang cukup besar

di atmosfer. Kondisi demikian mendorong industri kimia menerapkan konsep industri hijau untuk mengurangi emisi karbon. Misalnya, dengan menggunakan mesin produksi yang rendah emisi karbon serta mengembangkan teknologi penangkapan karbon yang menjadi hasil proses produksi.



#### Aktivitas 2.10

Carilah artikel di surat kabar, majalah, atau berita *online* mengenai berita tentang dampak pemanasan global dan perubahan iklim. Analisislah dan sajikan hasilnya di buku catatan, kemudian presentasikan di depan kelas.



#### Aktivitas 2.11

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–4 peserta didik. Bersama kelompok kalian buatlah infografik tentang pemanasan global dan perubahan iklim. Cantumkan beberapa poin seperti pengertian, penyebab, dampak terhadap kehidupan, peran industri kimia dalam isu tersebut, dan upaya mengatasinya. Presentasikan hasilnya di depan kelas atau bagikan di media sosial untuk dinilai oleh guru.

## F. Peraturan Ketenagakerjaan pada Industri Kimia

Tenaga kerja di dunia industri dilindungi oleh hukum, yaitu Undang-Undang Ketenagakerjaan untuk menjamin hak-hak karyawan agar dapat terpenuhi dengan baik oleh perusahaan. Undang-undang ketenagakerjaan ini berisi tentang perjanjian kerja, waktu kerja, jam lembur, outsourcing, sakit, cuti, penghitungan upah pokok, sanksi pekerja dan perusahaan, pemutusan hubungan kerja, tuntutan kedaluwarsa, serta pesangon.

Tenaga kerja di industri kimia bekerja dalam lingkungan kerja yang berisiko, seperti penggunaan bahan kimia berbahaya, mesin produksi, atau paparan radiasi gelombang. Oleh karena itu, tenaga kerja perlu memperoleh perlindungan hukum atas keamanan dan keselamatan mereka di lingkungan kerja. Hal ini diatur oleh pemerintah dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi aktivitas kerja di industri berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan sebagai berikut.

1. Faktor fisika meliputi iklim kerja, kebisingan, getaran, radiasi gelombang mikro, radiasi ultraviolet, radiasi medan magnet statis, tekanan udara dan pencahayaan yang disebabkan oleh penggunaan mesin, peralatan, bahan, dan kondisi lingkungan sekitar tempat kerja.

2. Faktor kimia meliputi kontaminan kimia di udara berupa gas, uap, dan partikulat yang disebabkan oleh penggunaan bahan kimia dan turunannya di tempat kerja.
3. Faktor biologi yang meliputi hewan, tumbuhan dan produknya, serta mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit.
4. Faktor ergonomi yang meliputi cara kerja, posisi kerja, alat kerja, dan beban angkat terhadap tenaga kerja.
5. Faktor psikologi yang merupakan hubungan antarpersonal di tempat kerja.

Hal-hal tersebut diatur oleh pemerintah sebagai acuan bagi industri agar lingkungan kerja aman tidak menimbulkan gangguan atau penyakit pada tenaga kerja.



#### Aktivitas 2.12

Apa dampak yang terjadi jika pemerintah tidak menetapkan peraturan tentang ketenagakerjaan? Jelaskan pendapatmu secara lisan di kelas.



#### Aktivitas 2.13

Aktivitas ini menjadi tugas Proyek Bab 2 yang dikerjakan di luar jam pelajaran. Carilah informasi mengenai sistem ketenagakerjaan di industri kimia yang telah kalian cari pada tugas sebelumnya. Kalian dapat melakukan wawancara dengan salah satu karyawan atau alumni yang bekerja di sana. Pertanyaan yang dapat kalian ajukan antara lain mengenai upah (sesuai dengan jabatannya), waktu kerja, serta kondisi lingkungan kerja (terkait kontaminan bahan kimia dan penggunaan peralatan atau mesin produksi).

Lakukan analisis kesesuaian peraturan yang berlaku dengan hasil wawancara yang kalian lakukan. Gabungkan informasi yang kalian peroleh dari Aktivitas 2.4, 2.6, 2.8, dan 2.13. Selanjutnya, buatlah laporan Proyek Bab 2. Sajikan dalam bentuk *slide* presentasi dari laporan tersebut untuk dipresentasikan di depan kelas.



#### Rangkuman

1. Pada era Industri 4.0, ada sembilan teknologi yang menjadi pilar utama dalam mengembangkan industri yang siap digital, yaitu *internet of things*, *artificial intelligence*, *big data*, *cloud computing*, *additive manufacturing*, *augmented reality*, *cyber security*, *simulation*, dan *system integration*.
2. *Product life cycle* atau siklus hidup produk merupakan tahapan-tahapan yang dilalui oleh suatu produk mulai dari diluncurkan ke pasar, produk

mulai dikenal dan naik daun, sampai akhirnya hilang di pasaran karena sudah tidak lagi dibutuhkan atau karena persaingan produk.

3. Pengendalian air limbah industri kimia bisa dilakukan dengan empat cara, yaitu pengolahan secara fisika, kimia, biologi, dan proses pengolahan lanjut dengan cara khusus.
4. Industri kimia juga ikut andil menjadi penyebab terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim, yaitu emisi gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari proses produksi yang dibuang ke atmosfer. Namun, industri kimia saat ini juga terus mengembangkan proses dengan teknologi ramah lingkungan.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Bagaimana perkembangan teknologi dalam peralatan dan proses dalam industri dari konvensional hingga modern seperti saat ini? Jelaskan!
2. Sebutkan dan jelaskan teknologi yang menjadi pilar Industri 4.0!
3. Jelaskan penerapan teknologi Industri 4.0 dalam industri kimia!
4. Bagaimana cara yang dilakukan industri kimia dalam mengendalikan limbah industri?
5. Jelaskan beberapa hal yang diatur dalam Peraturan Menteri Ketenagakerjaan untuk melindungi keselamatan tenaga kerja di lingkungan industri kimia!



### Pengayaan

Pindailah *QR Code* di samping untuk menambah pengetahuanmu mengenai penerapan teknologi Industri 4.0 dalam industri kimia di Indonesia. Pranala: <https://youtu.be/FErbfTOJB3k> (Kementerian Perindustrian RI/Youtube)



### Refleksi

Berilah tanda centang pada kolom Ya atau Tidak sesuai pernyataan yang tersedia!

No.	Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Saya mampu memahami perkembangan proses produksi pada industri kimia, mulai dari konvensional hingga modern.		

No.	Pernyataan	Ya	Tidak
2.	Saya mampu menjelaskan pengaruh teknik digitalisasi di industri dan penerapan Revolusi Industri 4.0 di industri kimia.		
3.	Saya mampu menjelaskan konsep <i>product life cycle</i> di industri kimia.		
4.	Saya mampu menjelaskan pengaruh isu pemanasan global dan perubahan iklim terhadap industri kimia.		
5.	Saya mampu memahami pengolahan limbah di industri kimia.		
6.	Saya mampu menjelaskan penerapan peraturan ketenagakerjaan di industri kimia.		



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023**

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Ferlyn (2023)

## Bab 3

# Profesi, Kewirausahaan, dan Peluang Usaha di Bidang Kimia Industri

Profesi apa yang akan kamu tekuni setelah lulus sekolah dalam bidang keahlian teknik kimia industri?



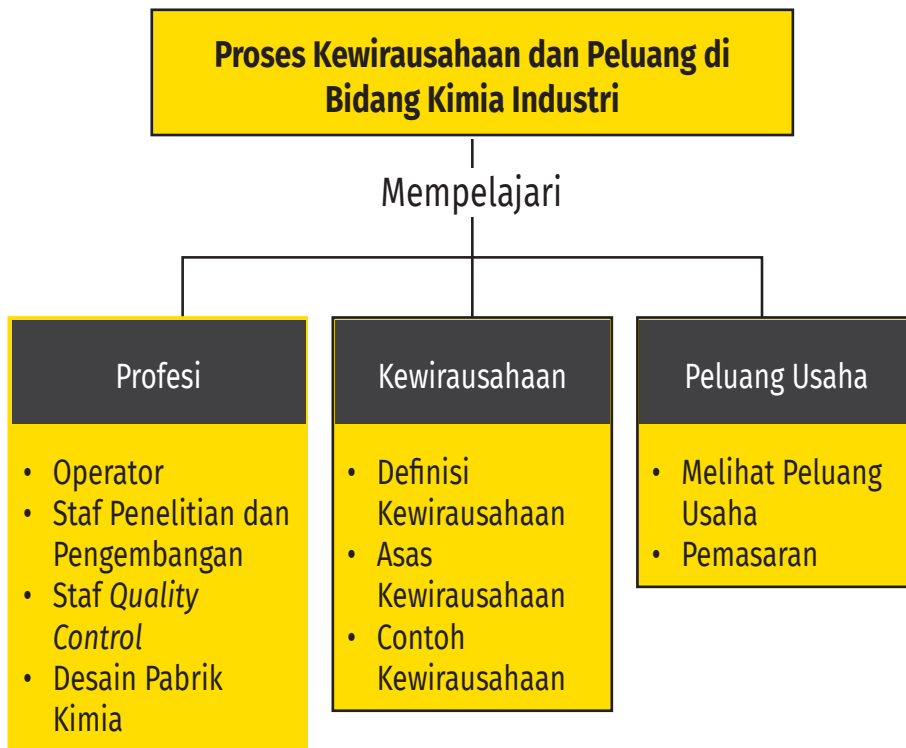
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan ragam profesi di bidang kimia industri;
- menjelaskan ragam wirausaha di bidang kimia industri;
- menganalisis peluang usaha di bidang kimia industri; serta
- merancang rencana wirausaha di bidang kimia industri.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

*Copywriting*, Modal, Operator, Peluang Usaha, Pemasaran, Penelitian dan Pengembangan, *Quality Control*, Wirausaha





Gambar 3.1 Profesi operator proses bidang kimia industri dan produk sabun batang sebagai salah satu hasil wirausaha dalam bidang teknik kimia industri.

Sumber: Ferlyn (2023); whitestorm/Canva.com (2023)

Gambar pertama menunjukkan operator proses sedang bekerja di depan papan kontrol untuk memastikan proses produksi berlangsung dengan baik dan aman. Operator proses termasuk salah satu profesi yang dapat dijadikan pilihan bagi lulusan teknik kimia industri. Selain operator proses, tentu ada profesi lainnya seperti peneliti di bagian *research and development* atau staf di bagian *quality control*. Bahkan, apabila tidak ingin bekerja di industri, kamu dapat berwirausaha dengan bekal keilmuan yang dimiliki untuk membuat produk sendiri seperti tampak pada gambar kedua.

Lantas, profesi apa saja yang dipilih seorang lulusan teknik kimia industri? Bagaimana peluang usaha di dunia kimia industri?

## A. Profesi di Bidang Kimia Industri

Pernahkah kamu membayangkan peluang kerja lulusan teknik kimia? Profesi apa yang dapat kamu pilih dengan bekal keilmuan yang dimiliki?

Teknik kimia industri merupakan suatu cabang ilmu teknologi yang mempelajari proses pengolahan bahan mentah menjadi produk atau barang yang memiliki nilai lebih. Proses pengolahan tersebut melibatkan reaksi kimia ataupun fisika. Oleh karena itu, ilmu teknik kimia sangat penting untuk diterapkan, baik dalam perencanaan proses produksi maupun pemeliharaan proses dalam skala kecil ataupun besar. Berbagai profesi dalam bidang teknik kimia industri tidak lepas dari proses produksi dalam industri kimia.



### Aktivitas 3.1

Coba perhatikan beberapa profesi yang tersedia pada tabel berikut. Menurut kamu, profesi apa saja yang sesuai dengan bidang teknik kimia industri? Tuliskan pula alasan jawabanmu. Selanjutnya, presentasikan hasilnya di depan kelas agar memperoleh tanggapan dari teman dan guru.

Profesi	Sesuai atau Tidak dengan Bidang Teknik Kimia Industri	Alasan
Sekretaris		
Akuntan		
Operator proses		
Peneliti atau laboran (litbang)		
Desainer grafis		
Konsultan		
Staf <i>quality control</i>		
Staf <i>marketing</i>		

Pada bidang keahlian Teknik Kimia Industri, kamu mempelajari segala sesuatu berkaitan dengan proses industri kimia. Program keahlian Teknik Kimia Industri merupakan kombinasi berbagai disiplin ilmu, seperti ilmu kimia, fisika, matematika, proses kontrol, mikrobiologi, prosedur di laboratorium, dan ilmu-ilmu lain yang menjadi prinsip memproses bahan dalam suatu industri.

Di dunia industri, lulusan teknik kimia biasanya terlibat dalam kegiatan berikut.

1. Melakukan penelitian atau riset untuk mengembangkan produk baru yang lebih berkualitas atau meningkatkan proses produksi yang lebih efisien.
2. Mengembangkan prosedur kerja aman dalam proses produksi yang menggunakan bahan kimia berbahaya.
3. Mengembangkan proses yang lebih optimal dengan sistem pengendalian proses kimia.
4. Melakukan tindakan solutif apabila terjadi permasalahan dalam proses produksi.
5. Mengevaluasi peralatan dan proses dalam industri kimia sehingga berjalan dengan baik dan aman bagi lingkungan.
6. Menyusun anggaran atau estimasi biaya produksi dalam industri.

Beberapa profesi yang sesuai dengan bidang teknik kimia antara lain operator proses industri, laboran atau staf peneliti di bagian *research and development* (*penelitian dan pengembangan*), staf bagian *quality control*, pengajar, konsultan, dan desainer pabrik kimia. Berikut penjelasan mengenai berbagai profesi tersebut.

## 1. Operator Proses Industri

Saat mengunjungi suatu industri kimia, kamu akan melihat serangkaian unit proses, seperti unit reaksi, unit separasi, unit pengolahan limbah, dan lainnya. Jumlah serangkaian peralatan di tiap-tiap unit tersebut tidak sedikit. Setiap unit proses dan alat yang digunakan dalam industri kimia harus berada dalam pengawasan agar bekerja dengan baik. Pihak yang bertanggung jawab menjalankan peran tersebut adalah operator. Operator proses bertugas menjalankan serangkaian unit proses dalam industri serta melakukan pengawasan untuk memastikan semua proses berjalan dengan baik dan terkendali.



Gambar 3.2 Operator dalam Industri Kimia

Sumber: Ferlyn (2022)

Dalam industri skala besar, biasanya proses produksi berjalan dengan sistem automasi, yaitu menggunakan sistem komputasi yang menghubungkan semua unit proses dalam industri. Suatu sistem tersebut berada di sebuah ruang kendali yang berisi layar-layar dan mesin untuk mengendalikan proses dalam satu pabrik atau *plant*. Operator proses bertanggung jawab untuk menjalankan tugas tersebut.

Dalam ruang kendali, proses *on* dan *off* juga dikendalikan secara otomatis. Pada layar akan ditampilkan proses produksi yang sedang berlangsung. Apabila terjadi suatu masalah dalam proses produksi, biasanya akan terlihat pada layar sehingga secara langsung diketahui masalahnya. Operator akan memeriksa *plant* dan melakukan tindakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Selain bekerja dalam ruang pengendali, para operator melakukan pemeriksaan ke *plant* secara berkala. Para operator bertugas untuk memastikan kondisi peralatan industri dalam keadaan baik dan terkendali.

## 2. Peneliti atau Laboran Bagian Penelitian dan Pengembangan (Litbang)

Sebagai lulusan teknik kimia, kamu juga dapat bekerja di laboratorium dan bergabung dengan tim Penelitian dan Pengembangan (Litbang). Gambar 3.3 menunjukkan seorang ahli teknik kimia sedang melakukan riset atau penelitian untuk pengembangan produk dan menciptakan produk baru. Misalnya, seorang peneliti di industri cat, dituntut untuk melakukan penelitian pengembangan produk, seperti menciptakan cat anti-air atau mudah dihapus jika terkena noda.



Gambar 3.3 Penelitian dan pengembangan di industri pupuk untuk menciptakan produk baru.

Sumber: Ferlyn (2022)

Keberadaan tim Litbang sangat penting dalam industri kimia. Tim tersebut dapat menghasilkan inovasi dalam produk sesuai kebutuhan pasar. Selain itu, tim Litbang melakukan riset dan pengembangan agar proses produksi berjalan lebih efisien dan aman bagi lingkungan.

## 3. Staf di Bagian Quality Control (QC)

Setiap produk dalam industri harus memiliki kualitas sesuai standar yang ditentukan oleh industri. Pihak yang berperan memastikan ketepatan standar pada produk dinamakan *quality controller*. Gambar 3.4 menunjukkan seorang staf di bagian QC memeriksa produk akhir suatu industri. Staf QC tersebut perlu memastikan produk yang dihasilkan sesuai standar yang telah ditentukan, baik dari segi kualitas maupun pengemasannya.

Proses QC dilakukan sebelum, selama, dan setelah proses produksi berlangsung. Sebelum proses produksi, seorang QC perlu memastikan bahan baku yang digunakan telah memenuhi standar yang ditentukan untuk memasuki proses produksi. Selama proses produksi, QC memastikan hasil-hasil produksi sesuai dengan standar, baik secara kualitas maupun kuantitas. Adapun setelah

proses produksi, produk yang dipasarkan harus lolos QC. Selain menjamin kualitas produk, proses tersebut dilakukan sebagai *controlling process*. Dengan demikian, jika terdapat masalah pada produk yang dihasilkan dapat segera dilakukan evaluasi pada proses produksi yang sedang berlangsung.



Gambar 3.4 *Quality control* dalam industri pupuk, dilakukan sampling produk (kiri) dan dianalisis untuk memastikan kualitas produk sesuai dengan standar yang ditentukan (kanan).

Sumber: Ferlyn (2023)

#### 4. Desainer Pabrik Kimia



Gambar 3.5. Desainer Pabrik Kimia

Sumber: Sabthai/Canva.com (2022)

Berbekal keilmuan yang dimiliki, seorang lulusan teknik kimia berpeluang menjadi desainer pabrik kimia. Selain mendirikan pabrik kimia yang baru, mereka dapat mengembangkan industri yang sudah berjalan. Industri kimia yang sudah berjalan akan terus melakukan pengembangan proses dan produk. Pengembangan proses dan produk dapat dilakukan melalui penambahan unit-unit proses baru. Dalam penambahan unit tersebut dibutuhkan para ahli teknik kimia untuk membuat desain *plant* atau pabrik. Hal ini karena pembuatan *plant* tidak mudah sehingga membutuhkan pengetahuan yang komprehensif karena harus dilakukan dengan cermat dan teliti.



## 5. Wirausaha



Gambar 3.6. Pembuatan Sabun Batang *Homemade*

Sumber: Microgen/Canva.com (2023)

Selain bekerja di industri, seorang lulusan teknik kimia berpeluang menjadi wirausaha. Misalnya, dengan wawasan proses esterifikasi, lulusan teknik kimia dapat membuat sabun sendiri dan memasarkannya.



### Aktivitas 3.2

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 2–3 peserta didik. Carilah satu contoh industri yang bergerak di bidang teknik kimia industri. Coba cari tahu, profesi apa saja yang ada dalam industri tersebut. Analisislah profesi yang sesuai dengan bidang teknik kimia. Kalian dapat mencari informasi dengan melakukan wawancara langsung atau mengumpulkan informasi dari internet. Selanjutnya, buatlah laporan dari hasil pekerjaan kalian.

## B. Kewirausahaan di Bidang Kimia Industri

Saat pandemi Covid-19, pemerintah mewajibkan masyarakat untuk menerapkan protokol kesehatan salah satunya dengan rajin mencuci tangan untuk mencegah penyebaran virus Covid-19. Produk *hand sanitizer* menjadi barang yang harus selalu dibawa saat bepergian. Penjualan produk *hand sanitizer* pun meningkat tajam seiring dengan peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap produk tersebut. Akibatnya, *hand sanitizer* menjadi barang yang langka karena banyak masyarakat mencarinya.



Gambar 3.7 Penggunaan *Hand Sanitizer*

Sumber: Maridav/Canva.com (2022)

Produk *hand sanitizer* dibuat menggunakan bahan-bahan dari alkohol, air, gliserin, dan hidrogen peroksida. Setelah diproduksi, *hand sanitizer* dijual di pasaran. Proses inilah yang disebut dengan wirausaha, yaitu membuat produk sendiri dan memasarkannya. Selain menjual sendiri secara langsung, produsen juga mengajak orang lain ikut memasarkan produknya. Dengan demikian, kegiatan wirausaha ini tidak hanya menjadi pekerjaan bagi pemiliknya tetapi juga menciptakan lapangan kerja bagi orang lain.

## 1. Definisi dan Asas Kewirausahaan

Berdasarkan Instruksi Presiden RI Nomor 4 Tahun 1995 tentang Gerakan Nasional Memasyarakatkan dan Membudayakan Kewirausahaan (GNMMK), kewirausahaan didefinisikan semangat, sikap, perilaku, dan kemampuan seseorang dalam menangani usaha atau kegiatan yang mengarah pada upaya mencari, menciptakan, menerapkan cara kerja, teknologi, dan produk baru dengan meningkatkan efisiensi dalam rangka memberikan pelayanan yang lebih baik dan/atau memperoleh keuntungan lebih besar. Wirausaha merupakan kegiatan yang dilakukan seseorang untuk menciptakan produk sendiri dan menjalankan usahanya secara berkelanjutan.

Seseorang yang melakukan wirausaha disebut wirausahawan atau *entrepreneur*. Para wirausahawan ini mengambil risiko dengan menyediakan modal sendiri untuk menjalankan usahanya. Mereka memutuskan cara mengelola usahanya, seperti bagaimana dan berapa banyak produk yang akan dijual agar mampu menghasilkan keuntungan. Wirausahawan juga harus mampu melihat peluang dan mengatur langkah strategi untuk menjalankan usahanya.

Adapun beberapa asas pokok kewirausahaan sebagai berikut.

- a. Memiliki kemampuan yang kuat untuk berkarya dan semangat kemandirian.
- b. Memiliki kemauan dan kemampuan memecahkan masalah dan mengambil keputusan secara sistematis, termasuk keberanian mengambil risiko.
- c. Memiliki kemampuan berpikir dan bertindak secara kreatif dan inovatif.
- d. Memiliki kemampuan bekerja secara teliti, tekun, dan produktif.
- e. Memiliki kemauan dan kemampuan untuk berkarya dalam kebersamaan berlandaskan etika bisnis yang sehat.

## 2. Kewirausahaan di Bidang Kimia Industri

Teknik kimia berkaitan erat dengan proses mengubah bahan baku menjadi produk baru yang memiliki nilai lebih. Oleh karena itu, seorang di bidang teknik kimia memiliki potensi melakukan wirausaha. Misalnya, membuat *hand sanitizer* dan sabun cuci seperti yang dijelaskan sebelumnya. Selain itu, dalam dunia makanan atau minuman, misalnya membuat makanan tradisional atau makanan khas suatu daerah dalam bentuk kemasan dan instan, seperti cuanki instan.

Dalam kegiatan wirausaha ini, pelaku usaha harus melakukan perencanaan proses yang matang sebagai berikut.

#### **a. Pemilihan Bahan Baku**

Pelaku usaha harus memperhatikan kualitas bahan baku yang digunakan. Standar kualitas bahan baku harus ditetapkan untuk menjaga kualitas hasil produksi. Misalnya, dalam pembuatan *hand sanitizer*, standar bahan baku seperti konsentrasi alkohol, hidrogen peroksida, dan gliserin harus sama. Jenis air yang digunakan juga harus sama, seperti air keran atau air suling.

#### **b. Keakuratan Prosedur Proses**

Prosedur atau tahapan proses produksi yang akan digunakan, mulai dari bahan baku hingga menjadi produk yang siap dipasarkan harus tetap dan konsisten. Untuk memperoleh tahapan proses yang tepat, pelaku usaha harus melakukan *trial and error* beberapa kali hingga diperoleh prosedur proses yang dapat menghasilkan produk sesuai kualitas yang diinginkan. Prosedur ini mencakup setiap proses, baik proses kimia dan fisika, komposisi bahan baku, dan kondisi operasi selama proses.

Setelah mendapatkan prosedur proses produksi yang tepat, pelaku usaha harus memastikan keakuratan proses. Tahapan proses tersebut sebaiknya dilakukan secara berulang. Hasil produk untuk setiap pengulangan proses perlu diperiksa kesamaan kualitasnya. Apabila sudah memiliki hasil yang konsisten, tahapan proses dapat dinyatakan layak untuk digunakan. Jika dalam perusahaan atau pabrik, proses ini dilakukan oleh bagian penelitian dan pengembangan (Litbang).

#### **c. Prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)**

Pelaku usaha perlu memperhatikan prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) dalam proses produksi untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan kerja. K3 ini mencakup tiga aspek berikut.

- 1) Lingkungan kerja, yaitu lokasi tempat kerja atau proses produksi harus memadai dari segi luas, suhu yang aman untuk bekerja, serta ventilasi dan penerangan yang cukup.
- 2) Alat dan bahan yang digunakan. Pelaku usaha harus mengetahui secara detail cara mengoperasikan alat yang digunakan dan keamanan pengoperasiannya. Bahan-bahan yang digunakan dalam produksi juga perlu dipastikan keamanannya. Jika menggunakan bahan kimia, harus diketahui jenisnya termasuk bahan berbahaya atau tidak. Pelaku usaha juga harus memahami *Material Safety Data Sheet* (MSDS) atau Lembar Data Keselamatan Bahan untuk tiap bahan kimia yang digunakan sehingga dapat memahami penanganan yang aman saat menggunakan bahan tersebut.



- 3) Metode kerja yang aman harus dipahami dan dilakukan oleh semua pelaku usaha. Misalnya, penggunaan alat pelindung diri yang sesuai dengan standar.

#### d. Perhitungan Modal dan Keuntungan

Langkah selanjutnya yang harus dilakukan wirausaha adalah menghitung modal yang digunakan serta menentukan margin harga dan keuntungan dari produk yang dihasilkan. Semua biaya yang diperlukan dalam proses produksi harus dihitung secara akurat dan detail. Berapa banyak produk yang akan dihasilkan, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, serta margin harga dan keuntungan. Upaya tersebut perlu dilakukan dengan akurat agar waktu kembali modal juga tepat dan usaha dapat berjalan dengan aman.



#### Aktivitas 3.3

Tulislah sepuluh ide wirausaha di bidang kimia industri yang ingin kamu lakukan. Sajikan hasilnya di buku catatan. Kemukakan idemu dalam forum diskusi kelas secara bergantian.



#### Aktivitas 3.4

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–4 peserta didik. Dari sepuluh ide yang kalian tulis di Aktivitas 3.3, pilihlah satu ide dan lakukan analisis sebagai berikut.

1. Nama produk yang dihasilkan.
2. Bahan baku yang digunakan dan cara mendapatkannya.
3. Perkiraan modal yang dibutuhkan dalam proses produksi.
4. Perkiraan harga jual yang cocok untuk produk yang akan kalian hasilkan.
5. Strategi *marketing* yang dilakukan agar produk kalian dapat laku di pasaran.

Presentasikan hasil diskusi kelompok kalian di depan kelas untuk dinilai oleh guru.

### C. Peluang Usaha di Bidang Kimia Industri

Coba perhatikan gambar 3.8. Saat di pasar tradisional, cobalah kamu pergi ke tempat penggilingan kelapa. Di sana kamu dapat menemukan kelapa-kelapa yang dibelah dan digiling dagingnya menjadi santan. Air dari kelapa yang dibelah akan dibuang begitu saja. Melihat hal tersebut, apa yang kamu pikirkan? Sayang sekali bukan? Perlu kamu ketahui air kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan *nata de coco*.



Gambar 3.8 Daging Kelapa Digiling Menjadi Santan.

Sumber: Junce/Canva.com (2022)

## 1. Analisis Peluang Usaha

Pemanfaatan air kelapa untuk dijadikan *nata de coco* menunjukkan adanya sebuah peluang usaha. Peluang usaha tersebut muncul dari melimpahnya bahan baku dan belum dimanfaatkan secara baik. Apakah kamu sudah memiliki gambaran mengenai peluang usaha tersebut? Peluang usaha didefinisikan sebagai ide atau kesempatan untuk melakukan usaha. Seorang wirausahawan harus jeli dan kreatif melihat peluang usaha yang ada dalam masyarakat.

Peluang usaha dapat kamu analisis dari kebutuhan atau permasalahan yang terjadi dalam masyarakat. Seorang wirausahawan akan mencari ide untuk membuat produk sebagai solusi dari permasalahan tersebut. Misalnya, munculnya peluang pembuatan *hand sanitizer* berasal dari kebutuhan masyarakat saat pandemi Covid-19.

Peluang usaha juga dapat kamu peroleh setelah menganalisis potensi alam suatu daerah. Setiap daerah memiliki keunikan dan potensi alam yang berbeda. Misalnya, daerah Malang di Jawa Timur kaya akan buah apel. Kekayaan alam hayati ini dapat dijadikan peluang usaha dengan membuat berbagai makanan olahan apel seperti keripik, permen, dan makanan lain. Dengan ilmu teknik kimia, kalian dapat melakukan teknik pengemasan dan pengolahan agar produk mampu bertahan lama. Selain itu, kamu dapat membuat minyak atsiri dengan bahan dasar apel.



### Aktivitas 3.5

Coba perhatikan lingkungan di sekitar tempat tinggalmu. Lakukan analisis keunikan dan potensi sumber daya yang ada di daerahmu. Kamu juga dapat menganalisis masalah dan kebutuhan yang diperlukan masyarakat. Lakukan identifikasi dan carilah ide peluang usaha yang dapat kamu lakukan. Sajikan hasilnya di buku catatan dan presentasikan di depan kelas secara bergantian.

## 2. Analisis Kriteria Usaha

Setelah mengetahui dan menemukan peluang usaha, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kriteria usaha, meliputi analisis modal, analisis proses produksi, analisis pasar, analisis penghasilan (penghitungan *break even point* atau BEP), dan analisis jam kerja. Pada tahapan ini kamu dapat mengumpulkan berbagai macam informasi dari usaha sejenis yang sudah ada, melihat kondisi langsung di lapangan, dan melakukan perhitungan-perhitungan ekonomi secara matematis. Apabila perancangan matang dan menghasilkan prospek yang positif, lakukan usaha tersebut dan jangan menyerah. Mental pantang menyerah menjadi salah satu kunci sukses dalam berwirausaha.

### 3. Pemasaran Produk

Hal yang juga penting diperhatikan dalam menjalankan usaha adalah pemasaran produk. Hasil produk yang baik dapat menghasilkan penjualan yang buruk apabila strategi pemasaran dilakukan dengan kurang baik. Sebaliknya, produk yang sebenarnya biasa-biasa saja akan menghasilkan penjualan yang sangat baik karena strategi pemasaran yang baik. Oleh karena itu, pemasaran menjadi jalan agar produk yang kamu hasilkan dapat diketahui dan diterima oleh masyarakat luas.

Era digitalisasi memudahkan kamu untuk memasarkan produk. Kamu dapat mempromosikan produk dengan menjualnya melalui media sosial, toko *online*, dan *e-commerce*. Pemasaran di dunia digital juga harus dilakukan secara menarik. Selain melalui foto-foto produk yang menarik, pemasaran dapat dilakukan dengan teknik *copywriting*.

*Copywriting* merupakan tulisan promosi produk yang berisi persuasi dan gaya menarik untuk menarik pembeli. Dalam *copywriting* biasanya tidak secara langsung memerintah orang membeli, tetapi melalui kalimat-kalimat ringan dan sarat akan makna untuk mengajak orang membeli produk.



#### Aktivitas 3.6

Bukalah media sosial atau *market place*. Amatilah produk-produk yang dijual dan kalimat pemasaran atau *copywriting* yang ditulis oleh penjual untuk promosi. Pilih tiga contoh kalimat *copywriting* yang menurutmu paling menarik. Kemukakan hasil pencarianmu di depan kelas secara bergantian.



#### Aktivitas 3.7

##### Membuat *Nata de Coco* dari Air Kelapa

1. Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3-4 peserta didik.
2. Salah satu contoh peluang usaha adalah membuat *nata de coco* dari air kelapa. Lakukan kegiatan pembuatan *nata de coco* sebagai berikut di rumah.

##### a. Alat dan Bahan

- ▶ Alat: loyang, kertas koran, panci, kompor, pengaduk, botol 100 ml.
- ▶ Bahan untuk *starter*
  - Air kelapa 1 liter
  - Asam asetat 3 sendok teh
  - Gula pasir 3 sendok makan
  - ZA/urea 1 sendok teh

- ▶ Bahan untuk pembuatan 1 kg *nata de coco*
  - Air kelapa 1 liter
  - Gula pasir 3 sendok makan
  - Asam asetat 3 sendok teh
  - ZA/urea 1 sendok teh
  - 100 ml *starter*

#### b. Prosedur Pembuatan

- ▶ Pembuatan *Starter* atau Bibit

*Starter* atau bibit dibuat dengan cara memanaskan 1 liter air kelapa, kemudian ditambahkan dengan 3 sendok makan gula pasir, 3 sendok teh asam asetat, dan 1 sendok teh ZA/Urea, lalu dididihkan. Setelah larutan dingin, larutan dimasukkan ke dalam botol dengan takaran 100 ml.

- ▶ Pembuatan *nata de coco*

*Nata de coco* dibuat dengan cara memanaskan 1 liter air kelapa kemudian ditambahkan 3 sendok makan gula pasir, 3 sendok teh asam asetat, dan 1 sendok teh ZA/Urea, lalu aduk hingga mendidih. Selanjutnya, tambahkan 100 ml *starter*, diaduk sampai rata dan ditutup dengan kertas koran. Biarkan selama 7 hari untuk proses fermentasi sampai terbentuk lembaran nata. Cuci lembaran nata dengan air mengalir, potong dadu, dan rebus dalam air sampai mendidih. Rebus kembali dengan air yang baru. Ulangi lagi dan tambahkan perasa bila perlu.

3. Dari proses produksi *nata de coco*, lakukan analisis mengenai modal yang dibutuhkan, target pasarnya, dan analisis keuntungan usaha.
4. Buatlah strategi pemasaran dan *copywriting* yang akan membuat produk *nata de coco* kalian dapat dikenal dan disukai masyarakat.
5. Buatlah laporan kegiatan yang telah kalian lakukan dalam bentuk *slide* presentasi, video, atau laporan tertulis, kemudian presentasikan di depan kelas secara bergantian.



#### Rangkuman

1. Berbekal keilmuan yang dimiliki oleh lulusan teknik kimia, ada beragam profesi yang sesuai dengan bidang teknik kimia, di antaranya operator proses industri, laboran atau staf peneliti di bagian *research and development*, staf bagian *quality control*, pengajar, konsultan, dan desainer pabrik kimia.
2. Lulusan teknik kimia dapat melakukan kegiatan wirausaha. Dalam kegiatan wirausaha, pelaku usaha harus melakukan perencanaan proses yang matang, di antaranya pemilihan bahan baku, keakuratan prosedur proses, prosedur kesehatan dan keselamatan kerja (K3), serta perhitungan modal dan keuntungan.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Sebutkan dan jelaskan profesi lulusan teknik kimia!
2. Tuliskan salah satu profesi yang kamu ingin tekuni setelah lulus dan kemukakan alasannya!
3. Deskripsikan definisi kewirausahaan dan asas pokok kewirausahaan yang harus dimiliki oleh seorang *entrepreneur*!
4. Studi kasus:

Saat ini makin banyak masyarakat yang mulai sadar akan pencemaran lingkungan dari sampah plastik. Masyarakat pun sudah mulai banyak yang mengurangi penggunaan plastik sebagai kemasan. Melihat kondisi masyarakat dan lingkungan tersebut, coba carilah ide peluang usaha atau produk yang dapat kamu hasilkan untuk menjadi solusi dari masalah lingkungan tersebut dan menjawab kebutuhan masyarakat yang tidak mau atau ingin mengurangi penggunaan kemasan plastik.



Gambar 3.9 Sampah Plastik yang Mencemari Lingkungan.

Sumber: Narvikk/Canva.com (2022)



### Pengayaan

Pindailah *QR code* di samping untuk menambah wawasanmu mengenai beberapa peluang wirausaha dalam bidang teknik kimia industri. Kamu juga bisa mencari materi lainnya selain yang ada dalam *QR code* melalui mesin peramban dengan kata kunci “wirausaha bidang teknik kimia”.





## Refleksi

Pada bab ini kamu telah mempelajari tentang profesi dan kewirausahaan di bidang kimia industri. Isilah kolom refleksi di bawah ini untuk menilai tingkat pemahaman kamu tentang materi ini secara jujur.

No.	Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Saya mampu menjelaskan berbagai profesi yang ada di bidang kimia industri.		
2.	Saya mampu menjelaskan tentang kewirausahaan dalam bidang kimia industri.		
3.	Saya mampu menganalisis peluang-peluang usaha dalam bidang kimia industri.		
4.	Saya mampu menganalisis kelayakan usaha dalam bidang kimia industri.		
5.	Saya mampu melakukan usaha di bidang kimia industri.		

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Ferlyn (2022)

## Bab 4

# Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium Kimia

Alat-alat apa saja yang dapat kamu temukan di laboratorium?





### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- mengidentifikasi jenis-jenis alat laboratorium beserta fungsinya;
- menjelaskan teknik dasar penggunaan alat laboratorium; dan
- menjelaskan teknik dasar pembuatan larutan dalam proses produksi.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Larutan, Konsentrasi, Persentase, Pengenceran, Laboratorium

Pernahkah kamu berkunjung ke laboratorium sekolah? Di laboratorium kamu akan melihat banyak peralatan, misalnya gelas tabung reaksi, gelas ukur, gelas beaker, erlenmeyer, dan lainnya. Beberapa aktivitas juga dapat dilakukan di laboratorium, seperti praktikum dan penelitian.

Di industri kimia, laboratorium berperan penting dalam proses produksi. Peran tersebut berkaitan dengan riset pengembangan produk serta proses analisis suatu produk kimia. Di laboratorium, produksi biasanya dilakukan dalam skala kecil, selanjutnya akan di-*scale up* dalam skala industri.

Pada bab ini akan dijelaskan jenis-jenis peralatan laboratorium beserta fungsi dan cara penggunaannya. Adapun teknik dasar pembuatan larutan dengan alat laboratorium akan dijelaskan lebih lanjut.

## A. Teknik Dasar Penggunaan Peralatan Laboratorium

Alat laboratorium dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu peralatan gelas, peralatan nongelas, dan instrumen.



### Aktivitas 4.1

#### Ayo, Berkunjung ke Laboratorium!

Catatlah semua peralatan yang ada di laboratorium sekolahmu. Klasifikasikan peralatan laboratorium tersebut sesuai jenisnya, seperti peralatan gelas, nongelas, atau instrumen. Berilah penjelasan fungsi tiap-tiap alat tersebut. Selanjutnya, sajikan hasilnya dalam tabel seperti contoh berikut.

Nama Alat	Jenis Alat Laboratorium			Fungsi Alat	Spesifikasi Alat
	Alat Gelas	Nongelas	Instrumen		
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

### 1. Penggunaan Peralatan Gelas

Apa saja peralatan gelas yang digunakan di laboratorium? Bagaimana cara penggunaannya? Simak penjelasan berikut.

#### a. Labu Ukur

##### Fungsi:

- Membuat larutan dengan konsentrasi dan jumlah yang diketahui dengan pasti.
- Mengencerkan larutan.

##### Cara Penggunaan:

Saat digunakan untuk membuat atau mengencerkan larutan, labu ukur dibolak-balik agar larutan menjadi homogen. Ibu jari tangan kanan memegang tutup agar tidak terlepas saat dibolak-balik.



Gambar 4.1 Labu Ukur

Sumber: Rifa Rahma (2023)

#### b. Corong Kaca

##### Fungsi:

- Membantu memindahkan larutan dari satu wadah ke wadah lain, khususnya wadah dengan mulut yang kecil.

- Menjadi tempat untuk meletakkan kertas saring saat melakukan penyaringan.

#### Cara Penggunaan:

Larutan diletakkan pada mulut wadah dengan posisi corong agak diangkat sehingga bagian ujung corong tidak menyentuh dasar wadah. Cara ini dilakukan untuk mempercepat masuknya larutan.

#### c. Pipet Volume

##### Fungsi:

Pipet volume berfungsi untuk memindahkan cairan dengan volume tertentu sesuai ukuran volume pipet. Biasanya, pipet volume digunakan untuk memindahkan larutan beracun dan berbahaya.

##### Cara Penggunaan:

Saat digunakan pipet volume membutuhkan pipet *filler* atau pipet *pump*. Pipet *pump* dikempiskan terlebih dahulu, kemudian dipasang di ujung bagian atas pipet volume. Pipet volume dimasukkan dengan posisi tegak dalam larutan yang akan diambil. Larutan dihisap dengan menekan tanda S pada pipet *filler* sehingga larutan masuk ke pipet hingga dasar meniskus larutan tepat pada skala volume yang diinginkan. Apabila kelebihan larutan yang terhisap, tekan tanda E pada pipet *filler* untuk mengeluarkan larutan hingga skala volume yang diinginkan.

#### d. Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan gelas silinder, seperti pipa yang memiliki kedudukan untuk ditegakkan. Pada bagian dinding gelas ukur juga terdapat skala volume untuk pengukuran.

##### Fungsi:

Mengukur benda cair dan benda padat.



Gambar 4.2 Corong Kaca

Sumber: Finda Agustin Pramatasari (2023)



Gambar 4.3 Pipet Volume

Sumber: Rifa Rahma (2023)



Gambar 4.4 Gelas Ukur

Sumber: Finda Agustin Pramatasari (2023)

### Cara Penggunaan:

Saat mengukur benda cair, cairan dituangkan dalam gelas ukur. Posisi mata sejajar dengan batas atau skala volume yang diinginkan karena larutan membentuk meniskus cembung atau cekung.

Saat mengukur benda padat, dituangkan suatu cairan dalam gelas ukur hingga volume tertentu kemudian dimasukkan benda padat yang akan diukur. Volume benda diukur dengan menghitung selisih volume setelah dan sebelum diberi benda padat. Saat mengukur, dibutuhkan ketelitian agar tidak salah dalam pembacaan volume.

#### e. Gelas Beker

Gelas beker merupakan gelas berbentuk tabung dengan diameter tertentu dan di sepanjang dinding gelas terdapat skala volume. Pada bibir gelas terdapat bibir tuang untuk memudahkan penuangan larutan. Gelas beker memiliki beberapa ukuran, yaitu 50 ml, 150 ml, 250 ml, 500 ml, 1000 ml, dan 2000 ml.



Gambar 4.5 Gelas Beker

Sumber: Rifa Rahma (2023)

#### Fungsi:

- Mengukur volume cairan yang tidak membutuhkan ketelitian tinggi.
- Memanaskan larutan, tempat reaksi, dan tempat menampung bahan kimia berupa larutan, padatan, serbuk, atau pasta.

### Cara Penggunaan:

Zat-zat yang akan direaksikan dituangkan ke dalam gelas beker. Agar larutan tidak tumpah, volume larutan yang dimasukkan tidak boleh melebihi batas skala yang tertera pada dinding gelas beker. Apabila dilakukan pemanasan, perlu diperhatikan batas suhu maksimal beker agar tidak pecah saat digunakan.

#### f. Pipet Tetes

Pipet tetes merupakan alat gelas dengan ujung meruncing dan bagian atasnya terdapat karet pipet. Karet pipet tersebut berguna untuk menghisap larutan.

#### Fungsi:

Pipet tetes berfungsi untuk menambahkan larutan atau akuades dengan jumlah sangat sedikit, yaitu tetes demi tetes.



Gambar 4.6 Pipet Tetes

Sumber: Finda Agustin Pramasari (2023)

### Cara Penggunaan:

Pipet tetes dapat digunakan dengan cara menekan bagian karet pipet untuk mengeluarkan udara pada pipet tetes dan menahannya. Dengan karet pipet yang masih ditekan, bagian ujung pipet dimasukkan ke larutan yang akan dihisap. Selanjutnya, lepaskan tekanan pada karet pipet sehingga larutan terhisap masuk ke pipet tetes. Untuk memindahkan larutan, pada wadah lain dengan cara menekan kembali karet pipet.

### g. Pembakar Spiritus

Pembakar spiritus merupakan alat gelas yang di dalamnya dilengkapi dengan bahan bakar spiritus, sumbu, dan tutup.

#### Fungsi:

Pembakar spiritus berfungsi untuk memanaskan larutan.

#### Cara Penggunaan:

Pembakar spiritus dapat digunakan dengan cara menyalakan sumbu spiritus dengan korek api. Selanjutnya, letakkan pembakar spiritus di bawah kaki tiga dan kasa kawat. Posisi api harus tepat di bawah asbes yang ada di tengah kasa kawat. Setelah digunakan, api dimatikan dengan cara menutup spiritus dengan penutupnya, tidak boleh ditiup.



Gambar 4.7 Burner/Pembakar Spiritus.

Sumber: Kostafly/Canva.com (2022)

### h. Tabung Reaksi

Tabung reaksi merupakan alat gelas berbentuk tabung dengan alas berbentuk tumpul dan bagian ujung atas tidak memiliki bibir tuang.

#### Fungsi:

Tabung reaksi berfungsi sebagai tempat mereaksikan bahan kimia atau larutan kimia dalam jumlah sedikit.

#### Cara Penggunaan:

- Bahan atau larutan kimia yang akan direaksikan dimasukkan ke tabung reaksi.
- Jumlah larutan tidak melebihi setengah ukuran tabung reaksi.
- Pengocokan dilakukan dengan menggerakkan tabung reaksi memutar ke samping.
- Apabila dilakukan pemanasan, tabung reaksi dijepit dengan penjepit kayu pada bagian atas yang berada di dekat mulut tabung reaksi.



Gambar 4.8 Tabung Reaksi

Sumber: Amriphoto/Canva.com (2022)

- Saat dipanaskan, tabung diletakkan di atas pembakar spiritus dengan posisi dimiringkan. Mulut tabung dihadapkan menjauhi praktikan. Apakah kamu tahu kenapa posisi tabung reaksi harus dimiringkan ketika dipanaskan?

#### i. Kaca Arloji

Kaca arloji merupakan alat gelas berbentuk bundar seperti piring dengan diameter 10 cm.

##### Fungsi:

Kaca arloji berfungsi untuk menempatkan bahan yang akan ditimbang, menjadi tempat sampel yang sedang diamati, dan menutup wadah saat proses pemanasan.



Gambar 4.9 Kaca arloji untuk menimbang bahan kimia serbuk.

Sumber: Rifa Rahma (2023)

##### Cara Penggunaan:

- Sebelum digunakan, kaca arloji dicuci bersih dan dikeringkan.
- Saat digunakan sebagai tempat bahan, kaca arloji dapat digunakan langsung tanpa harus diberi alas.
- Saat digunakan untuk menimbang bahan, kaca arloji perlu ditimbang beratnya terlebih dahulu.

#### j. Erlenmeyer

##### Fungsi:

Erlenmeyer berfungsi mencampurkan bahan-bahan analitis, tempat untuk melakukan titrasi bahan (tempat titrat), sebagai tempat memanaskan larutan, dan tempat menampung filtrat hasil penyaringan.



Gambar 4.10 Erlenmeyer

Sumber: Davidf/Canva.com (2022)

##### Cara Penggunaan:

- Saat digunakan untuk titrasi, erlenmeyer yang berisi larutan dipegang menggunakan tangan kiri, sedangkan tangan kanan memegang buret. Saat proses titrasi, erlenmeyer harus terus digoyangkan agar terlihat titik titrasinya (saat terjadi perubahan warna). Saat pemanasan jangan menggunakan erlenmeyer yang retak agar tidak pecah.
- Setelah dicuci, erlenmeyer dikeringkan dengan cara dibalik agar bagian dalam erlenmeyer kering.

#### k. Pipa U

Pipa U merupakan alat gelas berbentuk tabung melengkung menyerupai bentuk U.

##### Fungsi:

Pipa U berfungsi untuk memindahkan hasil reaksi berupa gas dari tabung reaksi ke gelas beker dan sebagai tempat larutan saat uji elektrolisis.

### Cara Penggunaan:

- Saat digunakan untuk memindahkan gas, pipa U dipasang dengan posisi terbalik.
- Saat digunakan untuk uji elektrolisis, pipa U dipasang pada statif dengan posisi tegak, kemudian larutan dimasukkan ke pipa U.

### l. Batang Pengaduk

Batang pengaduk merupakan alat gelas berbentuk bulat memanjang dan di salah satu ujungnya berbentuk pipih.

#### Fungsi:

Batang pengaduk berfungsi melarutkan padatan dan mengaduk larutan menjadi homogen.

#### Cara Penggunaan:

Saat digunakan untuk mengaduk, batang pengaduk dipegang dan digerakkan bagian pipihnya ke dalam wadah berisi larutan untuk mengaduk. Jangan mengaduk terlalu keras agar tidak terjadi benturan dinding gelas dengan pengaduk.



Gambar 4.11 Batang Pengaduk  
sumber: TarnPraewan, CC BY-SA 4.0/Wikimedia Commons (2015)

### m. Corong Pisah

#### Fungsi:

Corong pisah berfungsi untuk proses ekstraksi cair-cair yang terdiri atas dua komponen cairan dengan densitas cairan berbeda.

#### Cara Penggunaan:

Campuran yang akan dipisahkan dimasukkan ke corong pisah melalui tutup atas. Saat larutan dimasukkan, pastikan kran corong pisah tertutup. Selanjutnya, tutup corong ditutup, tangan kanan memegang corong pisah bagian atas dan tutup, sedangkan tangan kiri memegang corong pisah bagian bawah dan keran. Pada posisi mendatar corong pisah digoyang agar terbentuk dua fase larutan. Setelah terbentuk dua fase larutan, cairan pada bagian bawah dikeluarkan dengan membuka tutup corong dan keran secara perlahan-lahan.



Gambar 4.12 Corong Pisah  
Sumber: Hajo88, CC BY-SA 4.0/Wikimedia Commons, (2022)



## n. Pipet Ukur

### Fungsi:

Pipet ukur berfungsi untuk mengambil cairan dengan volume tertentu sesuai skala volume pada pipet, biasanya 10 ml, 25 ml, dan 50 ml.

### Cara Penggunaan:

Cara penggunaan pipet ukur mirip dengan pipet volume. Saat digunakan pipet ukur membutuhkan pipet *filler* atau pipet *pump*. Pipet *filler* dikempiskan terlebih dahulu, kemudian dipasang di ujung bagian atas pipet ukur. Pipet ukur dimasukkan dengan posisi tegak dalam larutan yang akan diambil. Larutan dihisap dengan menekan tanda S pada pipet *filler* sehingga larutan masuk pipet hingga dasar meniskus larutan tepat pada skala volume yang diinginkan. Apabila kelebihan larutan yang terhisap, pencet tanda E pada pipet *filler* untuk mengeluarkan larutan sampai skala volume yang diinginkan.

## o. Piktometer

### Fungsi:

Piktometer berfungsi untuk mengukur massa jenis atau densitas larutan, zat, atau fluida.

### Cara Penggunaan:

- Sebelum digunakan, piktometer ditimbang dalam keadaan kosong.
- Memasukkan larutan ke dalam piktometer hingga penuh, kemudian tutup piktometer.
- Menimbang piktometer yang berisi larutan.
- Menghitung massa larutan dengan menghitung selisih berat piktometer berisi larutan dengan piktometer kosong.
- Menghitung densitas larutan dengan rumus

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{\text{massa larutan}}{\text{volume larutan}}$$

dengan volume larutan adalah volume yang tertera pada piktometer.



Gambar 4.13 Pipet Ukur

Sumber: Finda Agustin Pramasari (2023)



Gambar 4.14 Piktometer 25 ml

Sumber: Ichwarsnur, CC BY-SA 4.0/ Wikimedia Commons, (2022)

## p. Botol Timbang

### Fungsi:

Botol timbang berfungsi untuk menimbang bahan kimia, terutama zat cair, pasta, atau bersifat higroskopis. Selain itu, botol timbang juga berfungsi untuk menentukan kadar air suatu bahan.

### Cara Penggunaan:

Sebelum digunakan untuk menimbang, botol timbang perlu ditimbang terlebih dahulu dalam keadaan kosong. Selanjutnya, bahan yang akan ditimbang dimasukkan ke botol. Botol tersebut harus dalam keadaan tertutup untuk mengurangi terjadinya penguapan zat kimia tertentu dan penyerapan uap air pada material higroskopis.



Gambar 4.15 Botol timbang dengan beberapa ukuran

Sumber: Yurko Gud/Canva.com, (2022)

## 2. Penggunaan Peralatan Nongelas

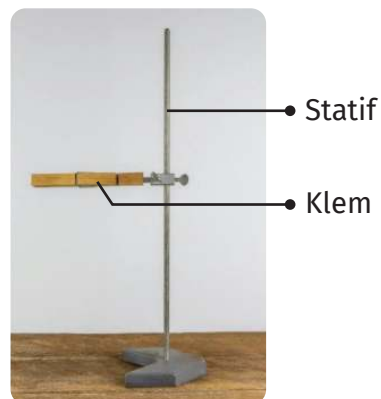
Selain terbuat dari kaca, ada beberapa peralatan laboratorium yang terbuat dari nongelas, seperti logam, plastik, dan kayu. Apa saja dan bagaimana penggunaan alat tersebut? Ayo, simak penjelasan berikut.

### a. Statif dan Klem

Statif dan klem merupakan alat laboratorium yang terbuat dari besi dan digunakan untuk menopang dan menggantung alat kimia seperti buret, soklet, atau kondensor.

### Cara Penggunaan:

- Memasang tiang statif pada bagian dasar dengan mengencangkan sekrup bagian bawah.
- Memasang klem pada statif dengan mengatur sekrup agar klem terpasang dengan kuat.
- Menjepit alat kimia dengan memberikan lapisan, seperti tisu di antara alat kimia dan klem agar tidak pecah saat klem dirapatkan.



Gambar 4.16 Statif dan klem Holder

Sumber: Nipastock/Canva.com, (2022)

### b. Penjepit Tabung Reaksi

Penjepit tabung reaksi merupakan alat penjepit yang terbuat dari *stainless steel* untuk menjepit tabung reaksi dan mengambil benda yang tidak boleh dipegang langsung dengan tangan. Contoh benda tersebut, yaitu botol timbang dan alat yang dipanaskan.



Gambar 4.17 Penjepit Tabung Reaksi

Sumber: Moxumbic/Canva.com, (2022)

### **Cara Penggunaan:**

Untuk membuka penjepit tabung reaksi, bagian tengah alat pengepres perlu ditekan. Selanjutnya, dipasangkan pada tabung reaksi yang akan dijepit. Saat digunakan untuk pemanasan, usahakan penjepit tidak terkena api agar tidak menjadi panas.

### **c. Kaki Tiga dan Kasa Kawat**

Kaki tiga dan kasa kawat merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan larutan. Bentuk kaki tiga berupa rangka besi dengan tiga kaki yang berfungsi seperti tungku. Adapun bentuk kasa kawat berupa kawat berdiameter 0,5 mm yang dianyam menyerupai jaring. Pada bagian tengah kasa kawat terdapat asbes berbentuk lingkaran. Kasa kawat digunakan sebagai alas untuk erlenmeyer atau gelas beker saat dipanaskan dengan bunsen sehingga panas dapat merata dan api tidak langsung mengenai alat.



Gambar 4.19 Kaki Tiga  
Sumber: Rifa Rahma (2023)

### **Cara Penggunaan:**

Kaki tiga dan kasa kawat digunakan bersama-sama saat pemanasan. Kasa kawat diletakkan di atas kaki tiga. Sementara itu, erlenmeyer dan beker diletakkan di atas kasa kawat. Selanjutnya, bunsen spiritus diletakkan pada bagian bawah di antara kaki tiga.

### **d. Spatula Porselen atau Plastik**

Spatula terbuat dari porselen atau plastik berbentuk seperti sendok panjang dengan bagian ujung atasnya datar. Spatula digunakan untuk mengambil bahan kimia yang berbentuk padat atau serbuk.



Gambar 4.20 Spatula Porselen  
Sumber: Milda 444, CC BY-SA 4.0/  
Wikimedia Commons (2022)

### **Cara Penggunaan:**

Sebelum digunakan, spatula harus dibersihkan dan harus dipastikan dalam keadaan kering agar bahan kimia tidak terkontaminasi. Bagian ujung atas yang berbentuk datar digunakan sebagai pegangan, sedangkan bagian cekung seperti sendok digunakan untuk mengambil bahan kimia. Spatula hanya dapat digunakan untuk mengambil satu bahan saja. Apabila ingin mengambil bahan lain, spatula harus dicuci terlebih dahulu.

### e. Botol Semprot

Botol semprot terbuat dari plastik, pada bagian tutupnya dilengkapi dengan pipa atau selang kecil. Biasanya, botol semprot diisi dengan akuades. Botol ini digunakan untuk menambahkan akuades saat praktikum. Selain itu, botol semprot juga digunakan untuk mencuci dinding bagian dalam alat-alat yang bermulut sempit, seperti tabung reaksi, pipet, dan buret.

#### Cara Penggunaan:

Bagian selang diarahkan pada wadah yang akan ditambahkan akuades atau mulut alat yang akan dibersihkan. Selanjutnya, bagian perut botol ditekan sehingga akuades keluar dari selang.

### f. Rak Tabung Reaksi

Rak tabung reaksi terbuat dari kayu dengan 12 lubang untuk meletakkan tabung reaksi. Pada alas rak dibuat cekungan agar tabung reaksi tidak tergelincir. Pada bagian sisinya terdapat tiang yang dapat digunakan untuk mengeringkan tabung reaksi.

#### Cara Penggunaan:

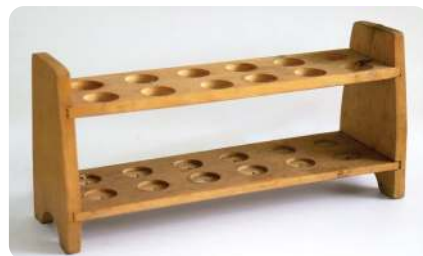
Rak tabung reaksi dapat digunakan dengan cara diletakkan pada bidang datar. Untuk tabung reaksi yang sudah dicuci, diletakkan pada tiang di sisi rak tabung dengan posisi terbalik. Dengan demikian, air dalam tabung reaksi dapat keluar.

### g. Penjepit Kayu

Penjepit tabung reaksi terbuat dari kayu. Penjepit kayu digunakan untuk memegang tabung reaksi saat mereaksikan zat atau memanaskan tabung reaksi dengan bunsen spiritus.



Gambar 4.21 botol semprot  
Sumber: Finda Agustin Pramasari (2023)



Gambar 4.22 Rak Tabung Reaksi  
Sumber: Rifa Rahma (2023)



Gambar 4.23 Penjepit Kayu  
Sumber: Rifa Rahma (2023)

### Cara Penggunaan:

- Pastikan terlebih dahulu pegas penjepit tidak kendur. Penjepit dengan pegas kendur tidak dapat digunakan untuk menjepit tabung reaksi.
- Saat digunakan, bagian tengah penjepit ditekan sehingga kepala penjepit terbuka dan dipasangkan pada tabung reaksi yang akan dipegang. Tabung reaksi harus dipastikan telah terjepit dengan benar dan erat. Saat pemanasan, ujung penjepit yang tidak ada tabung reaksinya dipegang. Berhati-hatilah agar penjepit kayu tidak terkena api karena dapat terbakar dan panas.
- Setelah digunakan, bersihkan dan keringkan penjepit agar tidak tumbuh jamur dan bagian pegas tidak mudah berkarat.

### h. Mortar dan Alu

Mortar dan alu terbuat dari porselen. Mortar berbentuk seperti mangkuk dan alu sebagai penumbuknya. Mortar dan alu digunakan untuk menumbuk dan menghaluskan bahan kimia padat, baik organik maupun anorganik. Permukaan bagian dalam mortar bersifat kasar untuk memudahkan penumbukan.



Gambar 4.24 Mortar dan Alu  
Sumber: 13fosgen/Canva.com, (2022)

### Cara Penggunaan:

Masukkan bahan yang akan dihaluskan ke mortar. Selanjutnya, tumbuk bahan tersebut hingga halus menggunakan alu. Penumbukan dilakukan perlahan agar bahan tidak keluar dari mortar.

### i. Cawan Porselen atau Pinggan Penguapan

Cawan ini terbuat dari keramik atau porselen, berdiameter 90 mm, dan memiliki bibir tuang. Alat ini digunakan sebagai wadah saat memanaskan bahan, menguapkan larutan, mereaksikan bahan dengan suhu tinggi, dan menguapkan endapan hasil reaksi kimia.



Gambar 4.25 Cawan Porselen  
Sumber: Finda Agustin Pramasari (2023)

### Cara Penggunaan:

Saat digunakan untuk penguapan larutan, cawan pinggan diletakkan di atas kompor listrik dengan alas kasa kawat hingga seluruh air menguap dan menyisakan endapan yang kering.

### j. Plat Tetes

Plat tetes memiliki 12 cekungan kecil dan terbuat dari porselen. Pada umumnya alat ini digunakan untuk tempat larutan yang akan diuji keasamannya (pH).

### **Cara Penggunaan:**

Larutan yang akan diuji tingkat keasamannya (pH) diteteskan pada setiap cekungan. Selanjutnya, pH indikator dicelupkan ke cekungan yang berisi larutan. Setiap cekungan hanya dapat digunakan untuk satu larutan. Apabila semua cekungan penuh dan masih ada larutan yang akan diuji, pelat harus dicuci dahulu hingga bersih dan dikeringkan sebelum digunakan kembali.

### **k. Krusible atau Krus Porselen**

Krusible atau krus porselen berupa mangkuk kecil terbuat dari porselen yang dilengkapi dengan tutup. Biasanya, alat ini digunakan sebagai wadah untuk mereaksikan zat pada suhu tinggi dan menguraikan endapan gravimetri hingga stabil.



Gambar 4.26 Krusible atau Krus Porselen  
Sumber: 13fosgen/Canva.com (2022)

### **Cara Penggunaan:**

Bahan yang akan direaksikan dimasukkan ke krus, kemudian ditutup. Krus diletakkan di atas kompor listrik atau kaki tiga untuk dipanaskan. Setelah digunakan, krus yang masih panas tidak boleh langsung disiram dengan air agar tidak pecah.

### **l. Sumbat Karet**

Sumbat karet merupakan karet yang digunakan sebagai sumbatan atau tutup pada tabung reaksi, erlenmeyer, atau tabung T pada alat destilasi. Pada sumbat karet terdapat lubang berjumlah satu atau dua pada bagian tengahnya. Lubang ini biasanya digunakan untuk meletakkan termometer, pipa, atau selang.



Gambar 4.27 Sumbat Karet  
Sumber: Rifa Rahma (2023)

### **Cara Penggunaan:**

Sumbat karet dimasukkan ke mulut erlenmeyer/tabung reaksi/labu ukur yang berisi larutan. Pada sumbat karet satu lubang dapat dimasukkan termometer atau selang. Adapun pada sumbat karet yang memiliki dua lubang dapat dipasang termometer dan selang pada setiap lubang. Sebelum digunakan, sumbat karet perlu diolesi dengan vaselin agar udara, baik dari dalam maupun dari luar alat tidak keluar masuk.

### m. Pipet *Filler*

Pipet *filler* digunakan bersama pipet volume dan pipet ukur untuk menghisap larutan. Pada pipet *filler* terdapat tiga saluran yang memiliki katup. Katup dengan simbol A (*aspirate*) digunakan untuk mengeluarkan udara dari gelembung. Katup simbol E (*exhaust*) berfungsi mengeluarkan larutan dari pipet volume atau pipet ukur. Adapun katup simbol S (*suction*) berfungsi untuk menghisap larutan masuk ke pipet volume atau pipet ukur.



Gambar 4.28 Pipet *Filler*

Sumber: Jérôme, CC BY-SA 3.0/Wikimedia Commons (2022)

#### Cara Penggunaan:

Pipet *filler* dikempiskan terlebih dahulu, kemudian dipasang di ujung bagian atas pipet volume atau pipet ukur. Selanjutnya, tanda S pada pipet *filler* ditekan sehingga larutan dapat masuk ke pipet hingga dasar meniskus larutan tepat pada skala volume yang diinginkan. Apabila kelebihan larutan yang terhisap, tekan tanda E pada pipet *filler* untuk mengeluarkan larutan hingga skala volume yang diinginkan (Fatoni, 2015)

## 3. Penggunaan Instrumen Laboratorium

Instrumen laboratorium merupakan peralatan di laboratorium yang digunakan untuk proses tertentu, seperti pengukuran dan pemanasan. Beberapa instrumen dasar yang biasanya digunakan di laboratorium sebagai berikut.

### a. Neraca Digital

Neraca digital merupakan alat yang digunakan untuk menimbang massa benda atau bahan secara digital. Neraca digital terdiri atas beberapa bagian antara lain piringan timbangan untuk meletakkan sampel yang akan ditimbang, *waterpass* untuk mengecek timbangan dalam posisi stabil atau tidak, tombol *tare* untuk mengukur neraca dalam keadaan nol, tombol *mode* untuk mengatur konversi dalam pengukuran, serta tombol *on/off* untuk menyalakan dan mematikan timbangan.



Gambar 4.29 Neraca Digital

Sumber: Anamejia18/Canva.com (2023)

#### Cara Penggunaan:

- Sebelum digunakan, timbangan harus dipastikan terlebih dahulu kebersihannya. Piringan timbangan dapat diangkat dan dibersihkan dengan menggunakan alkohol atau etanol. Neraca juga perlu dicek terlebih dahulu kevalidannya.



- Saat digunakan, neraca harus diletakkan di atas meja datar dan stabil. Neraca dihidupkan dengan menekan tombol *on/off*. Satuan pengukuran juga dapat diatur sesuai keinginan dengan menekan tombol *mode*. Selanjutnya, tombol *tare* ditekan untuk memastikan timbangan dimulai dari angka nol. Kaca arloji diletakkan di atas piringan timbangan, kemudian diukur massanya.
- Sampel diletakkan di atas kaca arloji hingga neraca menunjukkan nilai massa. Nilai massa tersebut merupakan massa gabungan sampel dan kaca arloji. Saat menggunakan neraca digital, hindari tempat yang berangin agar tidak memengaruhi keakuratan hasilnya.
- Setelah digunakan, bersihkan neraca dari sampel yang berjatuhan. Pastikan neraca bersih sebelum disimpan kembali.

#### b. *Hot Plate*

*Hot plate* merupakan peralatan laboratorium berupa pelat yang dipanasi menggunakan arus listrik. Alat ini digunakan untuk memanaskan larutan dengan temperatur kurang lebih hingga 450°C. Ada jenis *hot plate* yang dilengkapi juga dengan *magnetic stirrer*.

##### Cara Penggunaan:

Wadah berisi larutan yang akan dipanaskan diletakkan di atas *plate* dengan dilapisi kawat kasa. *Hot plate* dihubungkan dengan arus listrik kemudian dinyalakan. Selanjutnya, suhu pemanasan diatur sesuai keinginan.

#### c. *Magnetic Stirrer*

*Magnetic stirrer* adalah alat laboratorium yang berfungsi untuk mengaduk larutan dengan kecepatan tertentu sehingga cepat larut dan menjadi homogen. Alat ini bekerja menggunakan motor dengan kecepatan 300–2000 rpm dan elektromotor yang menggerakkan *magnetic bar* yang dimasukkan ke larutan. *Stir bar* dilapisi dengan keramik atau teflon sehingga tidak bereaksi dengan larutan. *Magnetic stirrer* biasanya dilengkapi dengan *hot plate*.



Gambar 4.30 *Hot plate* yang dilengkapi dengan *stirrer*.

Sumber: Surgeyryzov/Canva.com (2022)



Gambar 4.31 *Magnetic Stirrer*

Sumber: Artas/Canva.com (2022)

### Cara Penggunaan:

- *Magnetic stir bar* dimasukkan ke larutan, kemudian larutan diletakkan pada *magnetic stirrer*. Selanjutnya, hubungkan alat dengan arus listrik kemudian dinyalakan.
- Tombol *speed* diputar untuk mengatur kecepatan putaran alat. Magnet pada poros akan memutar *stir bar* sehingga larutan pun teraduk sesuai kecepatan yang diatur.

### d. *Heating Mantle*

*Heating mantle* merupakan pemanas listrik yang digunakan untuk memanaskan larutan menggunakan wadah yang alasnya berbentuk bulat, seperti labu.

### Cara Penggunaan:

*Heating mantle* dihubungkan dengan arus listrik, kemudian dinyalakan dan diatur sesuai suhu pemanasan yang diinginkan. Selanjutnya, labu yang sudah berisi larutan dimasukkan ke mantel pada alat.



Gambar 4.32 *Heating Mantle*  
Sumber: Surgeyryzhov/Canva.com (2022)

### e. Oven Listrik

Oven listrik merupakan peralatan yang digunakan untuk mengeringkan endapan dan alat-alat laboratorium.

### Cara Penggunaan:

Oven listrik dihubungkan dengan arus listrik, kemudian dinyalakan dan diatur di suhu oven sesuai kebutuhan untuk pengeringan.



Gambar 4.33 Oven listrik di laboratorium untuk pemanasan dan pengeringan.  
Sumber: Matylda Sekpl/Wikimedia Commons (2022)

### f. Tanur atau *Furnace*

Tanur atau *furnace* merupakan peralatan laboratorium berupa tanur yang dipanasi dengan arus listrik dan digunakan untuk proses suhu tinggi hingga 1000°C, seperti proses kalsinasi.

### g. *Centrifuge*

Alat laboratorium ini digunakan untuk memisahkan padatan dengan cairan. Selain itu, *centrifuge* juga digunakan pada larutan yang mengandung partikel dengan ukuran sangat halus dan sedikit. Alat ini menggunakan prinsip gaya sentrifugal sehingga



Gambar 4.34 *Centrifuge*  
Sumber: Anamejia18/Canva.com (2023)

partikel padat yang lebih berat akan mengendap pada dasar tabung, sedangkan partikel lebih ringan akan melayang dalam larutan.

#### **Cara Penggunaan:**

- Menghubungkan larutan dengan sumber tegangan arus listrik, kemudian menyalakan alat.
- Larutan yang akan diendapkan atau dimurnikan dimasukkan ke tabung *centrifuge*, kemudian diletakkan dalam lubang dudukan di *centrifuge*.
- Apabila lubang tidak terisi penuh, kedudukannya harus seimbang. Cara tersebut dapat dilakukan dengan meletakkan tabung pada posisi saling berseberangan.
- Menutup rapat tutup *centrifuge*.
- Mengatur kecepatan *centrifuge* dan waktu sentrifugasi sesuai kebutuhan.
- Setelah *centrifuge* selesai berputar, buka tutupnya dan tabung dapat diambil dari *centrifuge*. Apabila belum terbentuk endapan, proses sentrifugasi dapat dilakukan kembali. (Fatoni, 2015)

#### **h. Mikroskop**

Mikroskop merupakan alat laboratorium yang digunakan untuk mengamati dan mempelajari mikroorganisme dengan ukuran sangat kecil. Prinsip kerja mikroskop adalah pembesaran sekian kali lipat suatu benda yang dilakukan terhadap ukuran benda aslinya. Mikroskop sangat berperan dalam pembesaran objek yang sedang diamati.



Gambar 4.35 Mikroskop

Sumber: Carla Images/Canva.com (2022)

#### **Cara Penggunaan:**

- Memeriksa kondisi kebersihan mikroskop dengan memastikan tidak ada jamur. Berbagai komponen mikroskop dipastikan berfungsi baik. Pastikan fungsi kelistrikkannya dapat bekerja baik.
- Memastikan kebersihan meja preparat dan lensa objektif berada pada posisi perbesaran terendah, dipasang garis sumbu dan lensa okuler.
- Mengatur intensitas cahaya dengan menyalakan lampu. Selanjutnya, menyesuaikan besarnya lubang diafragma agar sinar yang diterima mata optimal.
- Preparat dijauhkan dari lensa objektif dilakukan dengan memutar pengatur kasar searah jarum jam. Preparat diletakkan di bawah lensa objektif. Posisikan lensa objektif mulai dari perbesaran terendah dengan jarak kira-kira 1 cm dari preparat. Pengamatan melalui lensa okuler dapat diperjelas dengan pemutar kasar. Selanjutnya, pengatur halus diputar hingga preparat tampak terlihat jelas. Apabila perlu dilakukan, ulangi untuk lensa objektif yang pembesarannya lebih tinggi.

- Memastikan agar lensa tidak menabrak preparat. Setelah pengamatan selesai, mikroskop dikembalikan ke posisi semula dengan pembesaran terendah. (Kurniawati, 2018)



## Aktivitas 4.2

### Kegiatan Praktik Penggunaan Alat Laboratorium

Ayo, lakukan kegiatan praktik berikut agar kamu makin memahami penggunaan alat laboratorium.

#### Persiapan Sebelum Praktik:

1. Cuci tangan hingga bersih.
2. Kenakan sarung tangan dan pakaian laboratorium untuk menghindari bahan kimia ke kulit atau seragam sekolah.

#### a. Praktik Menimbang Menggunakan Timbangan Digital

Ikutilah langkah-langkah berikut.

1. Siapkan bahan padat atau serbuk yang ada di laboratorium, misalnya NaCl padat.
2. Timbanglah bahan padat tersebut menggunakan timbangan digital sesuai prosedur yang dijelaskan pada materi. Perhatikan dengan baik cara penggunaan sebelum, saat, dan sesudah menggunakan timbangan digital.
3. Lakukan pengulangan tiga kali penimbangan untuk mendapatkan hasil akurat.
4. Lakukan percobaan uji coba dua bahan padat berbeda yang tersedia di laboratorium.
5. Catatlah langkah-langkah yang kalian lakukan di buku latihanmu dan buatlah laporan dari hasil praktik.

#### b. Praktik Menggunakan Pipet Ukur

Ikutilah langkah-langkah berikut.

1. Siapkan larutan standar yang ada di laboratorium.
2. Ambillah larutan menggunakan pipet ukur sesuai prosedur yang telah dijelaskan di materi.
3. Lakukan dua kali pengambilan lagi dengan volume berbeda agar kamu makin mahir menggunakan pipet ukur tersebut.
4. Catatlah hal-hal yang kamu lakukan atau langkah-langkah menggunakan pipet ukur di buku latihan.

### c. **Praktik Menggunakan Labu Ukur**

Lakukan praktik sesuai dengan langkah berikut.

1. Siapkan bahan berupa NaCl padat dan aquades.
2. Siapkan alat berupa labu ukur 250 ml, kaca arloji, dan neraca digital.
3. Timbanglah NaCl padat sebanyak 20 gram dengan menggunakan neraca digital. Lakukan prosedur sesuai praktik bagian (a).
4. Tuangkan NaCl dalam gelas beaker dan tambahkan aquades sebanyak 100 ml, kemudian diaduk menggunakan kaca pengaduk.
5. Tuangkan larutan tersebut ke dalam labu ukur dengan menggunakan corong kaca.
6. Tambahkan aquades hingga volume mencapai skala labu ukur. Tutuplah labu ukur dan goyangkan sesuai prosedur yang dijelaskan pada materi hingga larutan menjadi homogen.
7. Ulangi percobaan dengan massa NaCl yang berbeda agar keterampilanmu menggunakan alat makin baik.
8. Catatlah langkah-langkah yang kamu lakukan di buku latihan. Buatlah laporan dari hasil praktik yang kamu lakukan.

### d. **Praktik Menghitung Densitas Larutan Menggunakan Piknometer**

Lakukan praktik sesuai langkah berikut.

1. Siapkan tiga larutan cair yang ada di laboratorium, misalnya larutan HCl, larutan gula, dan KOH.
2. Hitunglah densitas ketiga larutan tersebut menggunakan piknometer sesuai prosedur yang dijelaskan pada materi.
3. Pengukuran setiap larutan dilakukan pengulangan tiga kali untuk menghasilkan pengukuran yang akurat.
4. Apabila menggunakan larutan standar yang sudah diketahui konsentrasinya, kamu dapat membandingkan hasil pengukuran dengan konsentrasi yang tertera pada label.
5. Buatlah laporan dari praktik yang kamu lakukan.



### **Aktivitas 4.3**

#### **Aktivitas Berbasis Proyek:**

##### **Perawatan Peralatan Laboratorium dan Prosedur Keamanan**

1. Bentuklah empat kelompok kecil yang terdiri atas 3–5 peserta didik. Setiap kelompok mengerjakan satu topik berbeda. Selanjutnya, carilah informasi terkait topik berikut.

- a. Cara perawatan peralatan gelas.
  - b. Cara perawatan peralatan nongelas.
  - c. Cara perawatan instrumen laboratorium.
  - d. Prosedur keselamatan kerja di laboratorium.
2. Diskusikan hasilnya dengan guru. Kemudian buatlah poster dan presentasikan di depan kelas. Poster bisa ditempel di laboratorium sekolah atau di kelas.

## B. Teknik Dasar Pembuatan Larutan

Salah satu aktivitas yang dilakukan saat praktikum di laboratorium adalah pembuatan larutan. Larutan dapat terbentuk karena ada pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*). Sebagai contoh, kamu akan membuat larutan gula. Larutan gula dapat terbentuk dengan melarutkan gula dalam air. Air berperan sebagai pelarut dan gula sebagai zat terlarut.

Saat membuat larutan gula, kamu menambahkan sejumlah gula dalam air. Dengan jumlah air yang sama, makin banyak gula yang ditambahkan, larutan makin pekat. Jumlah gula dalam larutan atau dalam air disebut konsentrasi. Jadi, konsentrasi larutan menyatakan jumlah zat terlarut dalam satuan larutan atau pelarut. Konsentrasi ini seperti menjadi label pada sebuah larutan.

Ada beberapa cara menyatakan konsentrasi larutan, antara lain molaritas (M), molalitas (m), normalitas (N), persentase (%), dan ppm (*parts per million*). Pada bab ini akan dibahas teknik dasar pembuatan larutan dalam persentase serta pembuatan larutan dari larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Untuk konsentrasi yang lain akan dijelaskan pada bab selanjutnya.

### 1. Konsentrasi dalam Persen

Persen konsentrasi dapat dinyatakan dalam % berat (% W/W) atau persen volume (% V/V) atau persen berat per volume, seperti dalam persamaan berikut.

$$\begin{aligned}\% \text{ Berat} &= \frac{\text{Massa zat terlarut}}{\text{Massa larutan}} \times 100\% \\ \% \text{ Volume} &= \frac{\text{Volume zat terlarut}}{\text{Volume larutan}} \times 100\% \\ \% \text{ Berat per volume} &= \frac{\text{Massa zat terlarut}}{\text{Volume larutan}} \times 100\%\end{aligned}$$

Bagaimana cara membuat larutan dengan konsentrasi dalam persen? Simak contoh berikut.

### a. Membuat Larutan dengan Konsentrasi % Berat

#### Contoh 4.1 Membuat larutan NaCl 10% (% w/w)

Larutan NaCl 10% (% w/w) menunjukkan 10 gram NaCl dalam 100 gram larutan NaCl. 100 gram larutan NaCl berarti berat NaCl dan berat air.

Berat NaCl = 10 gram, maka berat air = 90 gram.

Densitas air = 1 g/ml

Maka volume air = 90 ml.

Dengan demikian, untuk membuat NaCl 10% (w/w) diperlukan 10 gram NaCl dan 90 ml air.

#### Prosedur Pembuatan Larutan:

- 1) Menyiapkan bahan berupa NaCl padat dan Akuades.
- 2) Menyiapkan alat laboratorium, seperti kaca arloji, *beaker glass*, atau gelas ukur, dan pengaduk kaca.
- 3) Memasukkan akuades kira-kira 50 ml dalam gelas beaker atau gelas ukur.
- 4) Menimbang NaCl sebanyak 10 gram dengan menggunakan neraca analitik dan memasukkannya ke gelas beaker atau gelas ukur yang sudah berisi akuades.
- 5) Menambahkan sisa air 40 ml dan mengaduknya dengan pengaduk kaca.

### b. Membuat Larutan dengan Konsentrasi % Berat/Volume

#### Contoh 4.2 Membuat larutan NaCl 10% (% w/v) dalam 500 ml larutan.

Larutan NaCl 10% (w/v) menunjukkan 10 gram NaCl dalam 100 ml larutan garam. Jika membuat 500 ml larutan garam, maka

$$\text{berat NaCl} = 10\% \times 500 = 50 \text{ gram}$$

Jadi, dalam membuat larutan NaCl 10% (w/v) 500 ml dibutuhkan 50 gram NaCl padat.

#### Prosedur Pembuatan Larutan:

- 1) Menyiapkan bahan berupa NaCl padat dan Akuades.
- 2) Menyiapkan alat laboratorium, yaitu kaca arloji, *beaker glass* atau labu ukur 500 ml, dan pengaduk kaca.
- 3) Memasukkan akuades kira-kira 300 ml dalam gelas beker atau gelas ukur.
- 4) Menimbang NaCl sebanyak 50 gram dengan menggunakan neraca analitik dan memasukkannya ke gelas beaker atau labu ukur yang sudah berisi akuades.



- 5) Menambahkan sisa air sampai mencapai volume 500 ml lalu mengaduk dengan pengaduk kaca jika menggunakan gelas beker, atau dikocok jika menggunakan labu ukur.



#### Aktivitas 4.4

### Berkunjung ke Laboratorium

Lakukan aktivitas ini dengan mengikuti langkah-langkah berikut.

1. Carilah dua bahan kimia berbentuk padatan sesuai yang tersedia di laboratorium.
2. Selanjutnya, buatlah larutan dari dua bahan kimia tersebut, masing-masing 5% w/w dan 5% w/v dalam 500 ml.
3. Lakukan sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan.

#### c. Membuat Larutan dari Larutan yang Sudah Diketahui Konsentrasinya

##### Contoh 4.3 Membuat larutan HCl 0,1 M dari larutan HCl 1M

Tidak semua laboratorium tersedia wujud padatan zat terlarut yang dibutuhkan, tetapi tersedia dalam bentuk larutan standar. Sebagai contoh, di laboratorium tersedia larutan standar HCl 1M, sedangkan kamu harus membuat HCl 0,1 M sebanyak 250 ml. Dengan demikian, prosedur pada poin (a) tidak bisa digunakan.

Cara yang dapat dilakukan adalah pengenceran dari 1M HCl menjadi 0,1 M HCl. Untuk mengubah konsentrasi HCl dari 1 M menjadi 0,1 M, maka perlu menambah air dengan jumlah tertentu. Jumlah HCl 1M yang dibutuhkan dan air yang ditambahkan bisa dihitung dengan persamaan berikut.

$$C_1 = 1 \text{ M (Molaritas HCl 1M)}$$

$$V_1 = ? \text{ (Volume HCl 1 M yang diambil)}$$

$$C_2 = 0,1 \text{ M (Molaritas yang diinginkan, yaitu 0,1 M HCl)}$$

$$V_2 = 250 \text{ mL (Volume yang diinginkan, yaitu 250 mL 0,1 M HCl)}$$

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$1 \times V_1 = 0,1 \times 250$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Maka, volume HCl 1 M yang dibutuhkan adalah 25 ml.

Jumlah air yang ditambahkan adalah  $250 \text{ ml} - 25 \text{ ml} = 225 \text{ ml}$ .

### Prosedur Pembuatan Larutan:

- 1) Menyiapkan bahan berupa HCl 1 M 25 ml dan Akuades 225 ml.
- 2) Menyiapkan alat berupa gelas beaker, gelas ukur, atau labu ukur 250 ml.
- 3) Memasukkan akuades kira-kira 100 ml dalam gelas beaker, gelas ukur, atau labu ukur.
- 4) Mengambil larutan HCl 1 M sebanyak 25 ml dan memasukkannya ke gelas beaker, gelas ukur, atau labu ukur yang sudah terisi akuades.
- 5) Menambah akuades sampai mencapai volume 250 ml atau jika menggunakan labu ukur hingga batas ukur.
- 6) Apabila menggunakan gelas beaker atau gelas ukur, larutan diaduk dengan pengaduk kaca sampai homogen. Apabila menggunakan labu ukur, larutan dikocok hingga terlihat homogen.

Saat membuat larutan, perlu diperhatikan prosedur keamanannya, seperti menggunakan sarung tangan dan masker. Pada pembuatan larutan HCl yang berbahaya, proses pembuatan dapat dilakukan di ruang asam. Apabila menggunakan bahan asam pekat, maka berbahaya jika asam langsung ditambahkan dengan air. Sebaiknya, wadah diberi sejumlah air kemudian cairan asam ditambahkan secara perlahan, selanjutnya ditambahkan air kembali sampai mencapai volume yang diinginkan.



### Aktivitas 4.5

#### Berkunjung ke Laboratorium

Lakukan aktivitas ini dengan mengikuti langkah-langkah berikut.

1. Dari larutan yang kamu miliki, buatlah larutan dengan konsentrasi masing-masing 0,25 M dan 0,1 M.
2. Lakukan sesuai dengan prosedur yang telah dijelaskan.
3. Sajikan hasil praktikmu di buku latihan.

## 2. Hal yang Perlu Diperhatikan Saat Membuat Larutan

Selain perhitungan secara matematis untuk menentukan jumlah zat yang dibutuhkan saat membuat larutan, hal teknis berikut perlu diperhatikan.

- a. Jenis larutan dan sifat larutan harus diketahui sebelum membuat larutan. Harus diperhatikan terlebih dahulu jenis larutan organik atau anorganik, asam atau basa, dan bersifat korosif, mudah terbakar, beracun, atau dapat menyebabkan iritasi. Dengan mengetahui jenis dan sifat larutan, maka akan diketahui prosedur keamanannya saat membuat larutan agar tidak membahayakan.

- b. Jika menggunakan larutan asam pekat, proses pembuatan larutan harus dilakukan di ruang asam untuk menghindari uap larutan berbahaya.
- c. Memperhatikan standar keamanan bekerja di laboratorium, seperti mengenakan sarung tangan, masker, *googles*, dan baju laboratorium.
- d. Apabila membutuhkan larutan yang kualitatif, sebaiknya menggunakan labu ukur agar konsentrasi diperoleh lebih akurat.
- e. Apabila tidak membutuhkan larutan dengan konsentrasi akurat bisa menggunakan gelas beker atau gelas ukur.



#### Aktivitas 4.6

Carilah informasi mengenai prosedur keamanan penggunaan dan penyimpanan larutan kimia di laboratorium untuk jenis larutan yang mudah terbakar, mudah meledak, beracun, korosif, dan menyebabkan iritasi. Diskusikan hasilnya dengan guru, kemudian buatlah poster digital dan *posting* di media sosial.



#### Rangkuman

1. Peralatan yang digunakan dalam laboratorium terbagi menjadi peralatan gelas, nongelas, dan instrumen.
2. Peralatan gelas antara lain labu ukur, erlenmeyer, pipet ukur/volume, gelas ukur, dan gelas beker. Peralatan nongelas, misalnya statif dan klem, penjepit tabung reaksi, krusibel, dan cawan porselen. Adapun instrumen, misalnya neraca digital, *hot plate*, *magnetic stirrer*, dan oven listrik.
3. Larutan dapat dibuat dalam konsentrasi % berat dan volume dengan melarutkan bahan kimia padat dengan pelarut air. Selain itu, larutan juga dapat dibuat dari larutan cair yang telah diketahui konsentrasinya atau pengenceran.



#### Uji Kompetensi

1. Tuliskan prosedur pembuatan larutan gula 10% berat dan peralatan laboratorium yang digunakan!
2. Tuliskan masing-masing tiga contoh alat laboratorium yang termasuk peralatan gelas, nongelas, dan instrumen. Jelaskan pula fungsi alat tersebut dan cara penggunaannya!

3. Tulislah alat-alat yang kamu butuhkan untuk:
- menimbang bahan kimia padat;
  - membuat larutan dengan konsentrasi yang akurat;
  - menentukan densitas larutan;
  - menimbang bahan padat yang higroskopis; serta
  - memanaskan bahan dengan suhu tinggi.



#### Pengayaan

Ayo pindai *QR Code* di samping untuk mengetahui cara merawat peralatan gelas di laboratorium.



#### Refleksi

Coba renungkan secara mandiri apakah kamu sudah mampu menggunakan peralatan laboratorium dan membuat larutan dengan baik?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.  
ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)  
978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



## Bab 5

# Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Hidup dan Budaya Kerja Industri

Apakah kecelakaan kerja dapat dicegah?



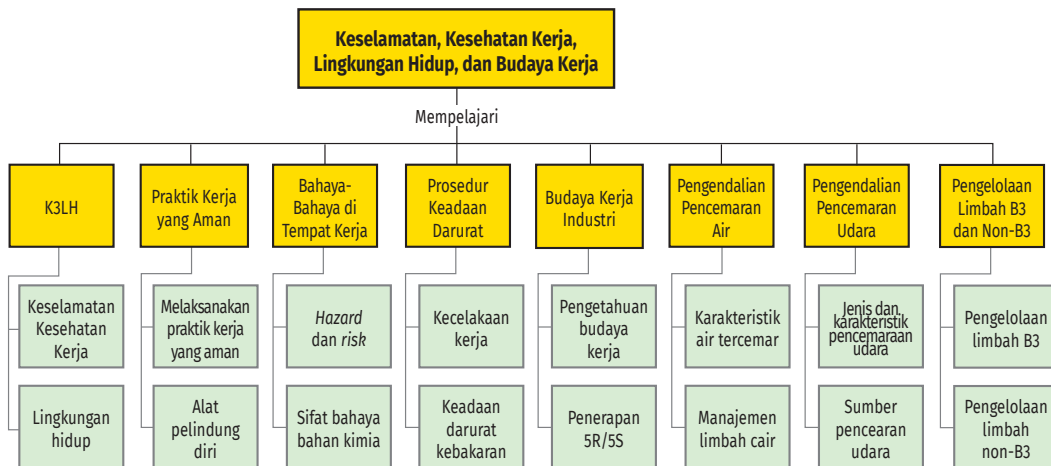
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan hidup;
- menerapkan praktik kerja yang aman;
- mengidentifikasi bahaya di tempat kerja;
- menerapkan prosedur keadaan darurat;
- menerapkan budaya kerja industri (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin);
- menjelaskan langkah-langkah pengendalian pencemaran air;
- menjelaskan langkah-langkah pengendalian pencemaran udara;
- menjelaskan pengelolaan limbah B3 dan non-B3; serta
- menerapkan penggunaan *Material Safety Data Sheet* (MSDS)



### Peta Konsep



### Kata Kunci

K3LH, Budaya Kerja Industri, Limbah B3, MSDS

Pernahkah kamu melihat gambar rambu dengan slogan seperti pada gambar di 5.1? Slogan tersebut dapat kamu jumpai di industri, laboratorium, pekerjaan suatu proyek, dan pada kendaraan umum. Keselamatan memang merupakan hal paling utama dalam pekerjaan. Contohnya dalam lembaga pendidikan biasanya selalu ada kegiatan praktikum dimana peserta didik memegang peralatan praktikum, menggunakan alat kerja yang berat, mengolah bahan berbahaya yang semuanya mengandung risiko



Gambar 5.1 Slogan mengutamakan keselamatan.

terjadinya kecelakaan. Disinilah pentingnya simulasi atau sosialisasi keselamatan kesehatan kerja (K3) agar risiko dan bahaya kecelakaan dapat dikurangi dan dihindari.

Demikian juga di dunia pekerjaan, terutama industri kimia. Pekerja atau orang yang magang sebelum melakukan tugasnya pasti akan diberi pemahaman tentang K3. Bahkan karena pentingnya K3 banyak industri menerapkan denda jika ada orang yang melanggar.

## **A. Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH)**

Sejarah keselamatan kerja diawali dari pola pikir manusia bahwa dengan adanya kecelakaan kerja menimbulkan perasaan kasihan. Selanjutnya, bagaimana menolong korban? Kecelakaan kerja ternyata terjadi berulang-ulang sehingga membutuhkan biaya besar dan menimbulkan korban. Dengan hal tersebut manusia berpikir: bisakah kecelakaan dicegah? Tentunya kecelakaan ada penyebabnya sehingga perlu dicari akar permasalahannya. Setelah itu muncul pertanyaan bagaimana mengendalikannya? Berbagai permasalahan tersebut mendorong timbulnya ilmu keselamatan kerja.

### **1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)**

Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah upaya untuk menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan aman, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja atau sakit akibat kerja yang berdampak pada terganggunya produktivitas kerja. Program keselamatan akan sukses jika komponen-komponen penyusun SAFETY (*System, Attitude, Fundamentals, Experience, Time, You*) terpenuhi.

Dijelaskan dalam Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang K3, bahwa tujuan K3 adalah mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan sakit akibat kerja serta memberikan perlindungan terhadap sumber-sumber produksi agar terjadi peningkatan efisiensi dan produktivitas kerja. Kesehatan pekerja sebanding dengan produktivitas kerja. Makin baik kesehatan pekerja maka produktivitas juga makin meningkat dan demikian juga sebaliknya.

### **2. Lingkungan Hidup**

Merujuk Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997, lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang yang meliputi benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang memengaruhi kelangsungan perikehidupan serta makhluk hidup lainnya.

Kegiatan usaha di industri memberi dampak positif dan negatif bagi lingkungan, baik lingkungan hidup maupun lingkungan sosial. Industri akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Dampak positif dari



kegiatan industri antara lain mengurangi pengangguran dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Kegiatan industri juga berdampak negatif seperti polusi udara dan pencemaran air. Lingkungan yang tercemar akan memengaruhi kesehatan lingkungan di sekitarnya. Untuk itu suatu industri diwajibkan menerapkan Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan Hidup (K3LH) dalam kegiatannya dengan pengawasan pemerintah.

## B. Praktik-Praktik Kerja yang Aman

### 1. Melaksanakan Praktik Kerja yang Aman

Apakah kamu tahu kecelakaan bidang industri kimia terburuk di dunia? Ada beberapa sejarah kecelakaan seperti bencana Bhopal, Piper Alpha, dan Kilang BP Texas City. Bencana Bhopal (India) merupakan bencana industri terburuk di dunia. Menurut Vijayan, kecelakaan ini menewaskan lebih dari 2500 orang. Adapun menurut Britannica, jumlah total korban tewas diperkirakan di antara 15.000 sampai 20.000 jiwa. Pabrik pestisida ini mengeluarkan gas beracun metil isosianat yang mematikan. Kecelakaan ini menurut pemerintah India, disebabkan oleh kesalahan manajemen dalam menunda pemeliharaan rutin pada pipa sehingga ada aliran balik air ke tangki metil isosianat.

Tragedi lain, yaitu kecelakaan Piper Alpha yang terjadi pada 6 Juli 1988 karena ada ledakan yang menghancurkan anjungan sehingga menewaskan 167 orang. Kecelakaan ini disebabkan kurangnya koordinasi antara bagian pemeliharaan dan operator sehingga terjadi kebocoran pipa kemudian timbul ledakan dan kebakaran.

Belajar dari dua contoh kecelakaan tersebut kita harus memastikan bahwa kita bekerja dengan aman agar tidak terjadi kecelakaan atau sakit akibat kerja. Praktik kerja yang aman dapat dilaksanakan jika semua orang menerapkan prosedur yang ada, tanda bahaya sudah tersedia dan diinformasikan. Prosedur bekerja dengan aman berupa serangkaian langkah spesifik yang membimbing seseorang untuk mengurangi risiko dengan meminimalkan bahaya. Sebagai contoh, saat sedang melaksanakan praktik di laboratorium, kamu harus menerapkan prosedur menggunakan neraca, alat pemanas, alat pemadam kebakaran, alat gelas dan nongelas. Selain prosedur penggunaan alat, kamu juga harus menerapkan penanganan bahan kimia terutama yang berbahaya.

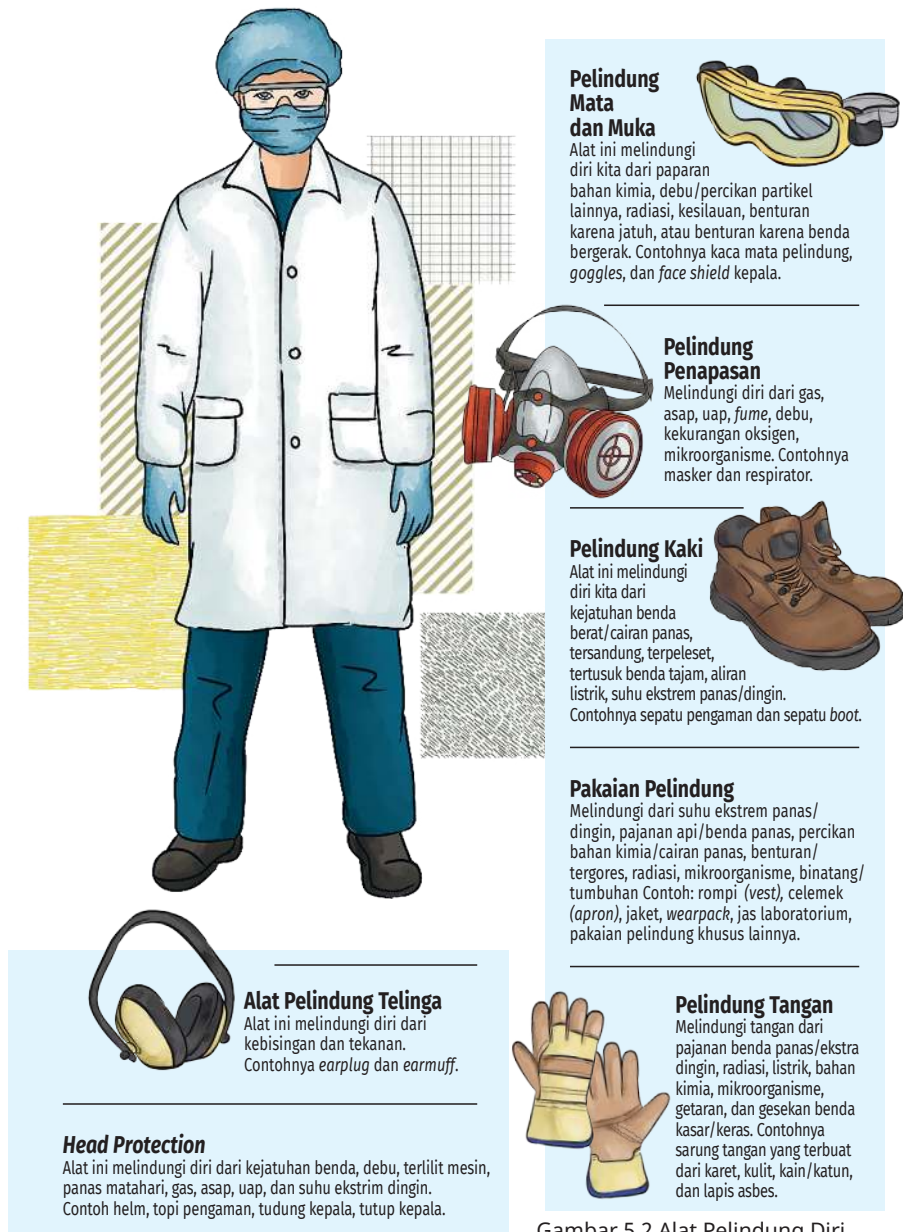


#### Aktivitas 5.1

Dapatkah kalian memberi contoh kecelakaan di industri kimia yang lain? Yuk, silakan berkelompok dengan anggota 3–4 orang untuk diskusi mencari contoh kecelakaan di industri kimia yang terjadi di Indonesia atau dunia, penyebab kecelakaan, dan upaya pencegahan. Selanjutnya, presentasikan hasilnya di depan kelas.

## 2. Alat Pelindung Diri (APD)

Kita yang bekerja di bidang kimia sering berhubungan langsung dengan bahan dan alat berbahaya. Oleh karena itu, menggunakan dan mengenakan alat pelindung diri merupakan hal yang wajib dilakukan. Seharusnya penggunaan APD menjadi budaya kerja kita karena hal ini demi kebaikan kita sendiri. Ada banyak perusahaan yang menerapkan denda jika tidak menggunakan APD karena pentingnya hal tersebut. Untuk itu, sebelum bekerja di bidang kimia industri, kamu harus memahami prosedur menggunakan APD.



Gambar 5.2 Alat Pelindung Diri.



### Aktivitas 5.2

Setelah kamu belajar jenis-jenis APD dan contohnya, sekarang lakukanlah identifikasi secara benar untuk menentukan APD yang digunakan sesuai pekerjaan/kegiatan seperti terdapat pada tabel berikut.

No.	Jenis Pekerjaan/Kegiatan	APD yang Digunakan
1.	Orang yang bekerja di bagian <i>quality control</i> industri makanan.	
2.	Orang yang bekerja di bagian produksi pabrik semen.	
3.	Peserta didik praktikum mikrobiologi.	
4.	Orang yang bekerja di bagian pengeboran minyak bumi.	
5.	Orang yang bekerja di bagian konstruksi pabrik pupuk.	

### C. Bahaya-Bahaya di Tempat Kerja

Kita yang berada di tempat kerja, terutama di bidang industri kimia tidak terlepas dari bahaya atau *hazard*. Apa bahaya atau *hazard* itu? *Hazard* adalah sifat bawaan suatu bahan atau keadaan yang berpotensi menyebabkan celaka atau menimbulkan dampak yang tidak diinginkan pada manusia atau lingkungan.

Besarnya *hazard* merefleksikan besarnya potensi konsekuensi yang tidak diinginkan tersebut, misalnya kematian, umur pendek, cacat, dan kemandulan. Untuk bahan kimia, istilah *hazard* biasa diasosiasikan dengan sifat racun bahan kimia tersebut, sifat *flammable* (mudah terbakar), sifat *explosive* (mudah meledak), sifat radioaktif, dan lain-lain. Selain itu *hazard* juga karena proses seperti tekanan ekstrem, suhu ekstrem, kondisi ketinggian, pencahayaan, dan kebisingan.

Risiko (*risk*) berbeda dengan bahaya. Berbahaya belum tentu berisiko tinggi. Misal kita melakukan perjalanan jauh, kita dapat menggunakan pesawat, kereta api, dan bus/mobil. Dari *hazard*, pesawat memiliki risiko paling tinggi karena kalau mengalami kecelakaan akibatnya paling fatal. Akan tetapi berdasarkan risiko, mobil/bus yang paling tinggi karena berdasarkan statistik, kecelakaan kendaraan jenis mobil/bus yang paling banyak. Jadi *risk* adalah probabilitas suatu *hazard* akan menghasilkan kondisi yang tidak diinginkan. Risiko adalah

fungsi dari probabilitas dan konsekuensi, atau fungsi dari bahaya dan paparan.

Perbedaan *hazard* dan *risk* adalah *hazard* dapat diidentifikasi dalam berbagai keadaan, sedangkan *risk* tidak mudah untuk diidentifikasi. *Hazard* hanya ada sebagai potensi sumber bahaya, sedangkan *risk* akan ada pada setiap kegiatan yang dilakukan dalam situasi yang *hazardous*. Jadi *hazard* adalah sesuatu yang berkaitan dengan identifikasi masalah atau pengenalan adanya sesuatu yang berpotensi mencelakakan. *Risk* berkaitan dengan masalah estimasi atau evaluasi probabilitas atau peluang terjadinya kecelakaan.

Orang yang ahli dalam pengoperasian dan proses kerja diperlukan dalam mengidentifikasi bahaya di tempat kerja. Faktor bahaya dapat digolongkan sebagai berikut.

1. Zat kimia baik cairan, padat, maupun gas.
2. Zat fisis seperti suhu ekstrem, tekanan ekstrem, kebisingan, getaran, dan radiasi.
3. Zat biologi seperti virus, bakteri, jamur, serangga, dan tungau.
4. Ergonomi yang meliputi posisi badan, fungsi badan, dan segi kejiwaan.

Bahaya di tempat kerja dapat berupa bahan dan proses. Bahaya tersebut dapat diketahui dari *Material Safety Data Sheet* (MSDS) bahan B3 dan diagram alir B3 di industri. Pada bidang kimia bahaya bahan kimia dapat dilihat dari label bahan atau dari MSDS. Ada beberapa sifat bahan kimia yang wajib kita ketahui, agar kita dapat menangani bahan tersebut dengan benar.

### 1. Bahan Kimia Mudah Terbakar (*Flammable*)

Bahan kimia mudah terbakar adalah bahan kimia yang siap memantik api dan terbakar di udara. Bahan yang mudah bereaksi dengan oksigen dan menimbulkan nyala api, jika tidak dapat dikendalikan akan menimbulkan kebakaran.

Bahan kimia mudah menyala dapat berupa padat, cair, dan gas. Zat padat mudah menyala antara lain belerang, fosfor, dan hidrida logam. Zat cair mudah menyala antara lain petroleum eter, metil isobutyl keton, karbondisulfida, bensin, toluene, dan pelarut organik (eter, etanol, aseton, benzene, dan heksana). Adapun gas mudah menyala antara lain hidrogen, asetilen, etilen oksida, dan gas alam.



Gambar 5.3 Simbol bahan kimia mudah terbakar.

## 2. Bahan Kimia Mudah Meledak (*Explosive*)

Bahan kimia mudah meledak bila reaksi kimia bahan tersebut menghasilkan gas dalam jumlah dan tekanan yang besar serta suhu tinggi. Selanjutnya, menimbulkan kerusakan di sekelilingnya, terutama untuk bahan-bahan yang peka terhadap panas dan gesekan/tumbukan. Contohnya trinitrotoluena (TNT), nitrogliserin, dan ammonium nitrat.

Ledakan bahan kimia juga mudah terjadi pada peristiwa bercampurnya senyawa oksidator dan reduktor seperti asam nitrat-etanol, Kalium permanganate-gliserol, krom oksida-hidrasin. Bahan mudah meledak juga dapat disebabkan bahan kimia yang reaktif terhadap air. Contohnya alkali dan alkali tanah, garam halide anhidrat, oksida anhidrat, dan oksida nonlogam halida (sulfuril klorida).

## 3. Bahan Kimia Beracun (*Toxic*)

Bahan kimia yang dalam jumlah kecil menimbulkan keracunan pada manusia atau hewan, masuk melalui pemaparan, mengganggu organ tubuh (hati dan paru-paru), terakumulasi dalam tulang, darah, hati, ginjal, cairan limfa, berefek terhadap kesehatan dalam jangka panjang, pengeluaran racun melalui urine, saluran pencernaan, sel epitel, keringat. Contoh bahan kimia beracun adalah timbal, merkuri, kadmium, kloroform, asam sianida, asam sulfida, gas CO, dan benzena.

## 4. Bahan Kimia Korosif

Bahan kimia korosif adalah bahan yang karena reaksi kimia dapat merusak logam. Contohnya asam sulfat, asam nitrat, natrium hidroksida, kalsium hidroksida, dan gas belerang dioksida.

## 5. Bahan Kimia Bersifat Oksidator

Bahan kimia bersifat oksidator adalah bahan tidak terbakar tetapi dapat menghasilkan oksigen yang dapat menyebabkan kebakaran pada bahan lain atau ledakan. Bahan ini bersifat eksplosif karena sangat reaktif, tidak stabil, dan mampu menghasilkan oksigen dalam reaksi



Gambar 5.4 Simbol bahan kimia mudah meledak (*explosive*).



Gambar 5.5 Simbol bahan kimia beracun.



Gambar 5.6 Simbol bahan kimia korosif.



Gambar 5.7 Simbol bahan kimia bersifat oksidator.

atau penguraiannya. Contoh senyawa oksidator anorganik adalah senyawa permanganate, perklorat, dikromat, hidrogen peroksida, periodat, dan persulfate.

## 6. Bahan Kimia Iritan

Bahan kimia iritan adalah bahan yang karena reaksi kimia dapat menimbulkan kerusakan atau peradangan atau iritasi bila kontak dengan permukaan kulit yang lembap seperti kulit, mata, dan saluran pernapasan. Bahan ini pada umumnya termasuk bahan korosif. Contohnya asam trikloroasetat, asam sulfat, dan gas belerang dioksida.

Bahan iritan padat akan berbahaya bila kontak dengan mata atau kulit. Contohnya NaOH, natrium silikat, KOH, kalsium hidroksida, asam trikloroasetat, dan fenol.



Gambar 5.8 Simbol bahan kimia iritan.



### Aktivitas 5.3

Setelah belajar sifat-sifat bahan kimia, sekarang lakukanlah identifikasi bahan kimia yang di laboratorium sekolah kalian sebanyak-banyaknya secara kelompok. Salin dan lengkapi tabel berikut dalam buku tugas kalian.

No.	Jenis Bahaya	Simbol	Contoh Bahan Kimia
1.	Mudah terbakar		
2.	Beracun		
3.	Korosif		
4.	Oksidator		
5.	Iritan		

## D. Prosedur-Prosedur dalam Keadaan Darurat

Kecelakaan di industri kimia biasanya terkait dengan beberapa faktor, seperti kegagalan alat, kegagalan standar operasional prosedur (SOP), kegagalan sistem pengendalian (alat kontrol), faktor eksternal (gempa, banjir, dan lain-lain), keletakan peralatan, dan faktor manusia. Kecelakaan kerja erat kaitannya dengan keadaan darurat.

Keadaan darurat adalah kondisi yang tidak normal, terjadi tiba-tiba, mengganggu aktivitas, dan perlu segera ditanggulangi. Tanggap darurat bertujuan untuk menyelamatkan jiwa, mengendalikan keadaan darurat, meminimalkan kerugian harta benda dan meminimalkan kerugian lingkungan. Penanganan keadaan darurat jika direncanakan akan jauh mengurangi kerugian dibandingkan tidak direncanakan. Penyebab keadaan darurat antara lain kebakaran, paparan karena bahan yang korosif, beracun, infeksi maupun radioaktif, gempa, banjir, dan tsunami. Bagaimana jika keadaan darurat itu terjadi? Apa yang harus kita lakukan?

Keadaan darurat yang sering terjadi di industri kimia atau di laboratorium kimia adalah kebakaran. Kebakaran terjadi karena adanya api yang tidak dapat dikendalikan. Ada tiga elemen terjadinya pembakaran, yaitu *fuel* (bahan bakar), *oxidizer* (pengoksidasi, misalnya oksigen), dan *ignition source* (pemantik, misalnya panas). Api tidak akan terjadi jika salah satu elemen tersebut tidak ada, maka tiga elemen ini dikenal dengan *fire triangle*.

Klasifikasi kebakaran di Indonesia mengacu Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 04/MEN/1980 tentang syarat pemasangan dan pemeliharaan APAR. Berdasarkan Peraturan Menteri tersebut, kebakaran dikelompokkan dengan kategori A, B, C, dan D. Adapun menurut National Fire Protection Association (NFPA) klasifikasi kebakaran dan media pemadamnya dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 5.1 Klasifikasi Kebakaran dan Media Pemadam Menurut NFPA**

Kelas	Contoh Penyebab	Media Pemadam
A (Padat Non Logam)	Kayu, kertas, kain, plastik	Air, uap air, serbuk kimia kering, busa
B (Gas/Uap/ Cairan)	Bensin, solar, metana, LPG	Serbuk kimia kering, CO <sub>2</sub> , busa
C (Listrik)	Arus pendek	Serbuk kimia kering, CO <sub>2</sub>
D (Logam)	Natrium	Serbuk kimia NaCl, grafit
E (Radioaktif)	Uranium	Belum diketahui secara spesifik
K (Bahan Masakan)	Minyak, lemak	CO <sub>2</sub>



Bagaimana jika kebakaran terjadi dalam suatu gedung atau bangunan? Berikut prosedur yang harus dilaksanakan bagi penghuni gedung jika terjadi kebakaran.

1. Tetap tenang jangan panik.
2. Bunyikan alarm sambil berteriak “Kebakaran! Kebakaran!”
3. Menelepon petugas pemadam kebakaran dengan Nomor “113”. Jangan lupa sampaikan identitas, lokasi kebakaran, dan besarnya kebakaran.
4. Jika memungkinkan, halangi terjadinya penyebaran kebakaran.
5. Tutup kepala dengan kain basah jika terdapat asap, kemudian keluar melalui tangga darurat dengan merapat di dinding dan merunduk.
6. Padamkan api dengan APAR yang ada jika hal ini memungkinkan.
7. Lakukan evakuasi melalui jalur evakuasi (jangan menggunakan *lift*) sampai keluar gedung.



#### Aktivitas 5.4

Jika ada kebakaran ringan, apa yang harus kita lakukan? Mari kita saksikan video cara menggunakan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) dengan memindai QR Code di samping.

Setelah menonton video tersebut, lakukan simulasi kebakaran di lingkungan sekolahmu yang jauh dari bangunan, misalnya di lapangan. Lakukan pemadaman dengan menggunakan APAR di sekolahmu.



## E. Budaya Kerja Industri

Sebenarnya budaya kerja sudah lama kita kenal, hanya saja ada beberapa orang atau pihak belum sepenuhnya menyadari bahwa budaya kerja akan berpengaruh pada keberhasilan kerja. Norma dalam masyarakat yang menjadi kebiasaan disebut budaya. Nilai-nilai yang menjadi kebiasaan yang berhubungan dengan kualitas kerja dinamakan budaya kerja. Jika budaya kerja berada dalam masyarakat industri maka dikenal dengan budaya kerja industri.

Dalam masyarakat industri, hal yang sangat penting adalah perusahaan memberikan pengetahuan budaya yang baik kepada tenaga kerjanya. Hal ini bertujuan meningkatkan kualitas kerja dan menambah wawasan sehingga akan meningkatkan perkembangan perusahaan pada masa depan. Bentuk pemahaman budaya kerja dapat dilakukan dalam bentuk pelatihan, pendidikan, *upgrading*, *reskilling* dan *benchmarking*. Budaya kerja yang telah terbentuk akan menumbuhkan nilai-nilai disiplin, keterbukaan, saling menghargai, dan kerja sama.

Lingkungan yang bersih, rapi, dan teratur tentunya menjadi dambaan setiap perusahaan karena akan meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Sering kita mengeluh mencari barang atau data karena kurang tertibnya dalam penyimpanan, sehingga akan membuang-buang waktu untuk mencarinya dan tidak sedikit yang sampai menyebabkan gangguan emosional. Demikian juga perusahaan atau instansi. Hal ini tidak akan terjadi jika kita menerapkan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin). Konsep 5R diadopsi dari Jepang dengan program 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) yang sekarang sudah diterapkan di banyak negara.

### 1. Ringkas (*Seiri*)

Ringkas adalah tindakan menentukan barang yang diperlukan dan yang harus disingkirkan di tempat kerja. Kita harus bijak dalam menyimpan barang agar tidak penuh dengan barang yang tidak berguna.

### 2. Rapi (*Seiton*)

Rapi merupakan langkah kedua dalam penerapan 5R. Jika kita sudah menentukan barang-barang yang berguna, langkah selanjutnya adalah merapikan dengan menyusun barang berdasarkan jenis atau kategori tertentu. Pertimbangan yang dapat dilakukan adalah frekuensi barang digunakan, kapan digunakan, penempatan, dan orang yang menggunakan barang.

### 3. Resik (*Seiso*)

Setelah barang rapi, selanjutnya barang, peralatan, dan ruangan/lingkungan diupayakan dalam keadaan resik (bersih). Kebersihan merupakan tanggung jawab bersama.

### 4. Rawat (*Seiketsu*)

Rawat adalah upaya mempertahankan 3R sebelumnya dengan melakukan standardisasi. Tahapan yang dapat dilakukan antara lain menetapkan standar kebersihan dan ketertiban, serta mengomunikasikan kepada semua pekerja.

### 5. Rajin (*Shitsuke*)

Rajin adalah menciptakan kebiasaan karyawan untuk mempertahankan dan meningkatkan apa yang telah dicapai. Rajin dilakukan secara berkelanjutan dengan memberikan pelatihan, menerima masukan, dan memberikan *feedback*.

Dengan diterapkannya 5R diharapkan tercipta kebiasaan atau budaya kerja yang melekat pada masyarakat termasuk bidang industri.

## F. Pengendalian Pencemaran Air

Bagaimana jika air di bumi ini tercemar? Coba perhatikan salah satu contoh air sungai yang tercemar.

Apa itu pencemaran air? Pencemaran air adalah kontaminasi air oleh bahan kimia berbahaya atau bahan limbah yang disebabkan oleh kejadian alam atau akibat ulah manusia.



Gambar 5.9 Pencemaran Air  
Sumber: Agung Pambudhy/detik.com (2021)

### 1. Karakterisasi Air yang Tercemar

Air dikatakan tercemar jika mengandung kontaminan melebihi baku mutu air bersih. Parameternya apa saja?

#### a. Padatan

Total padatan disini termasuk sejumlah material yang ditinggalkan di dalam wadah setelah air diuapkan pada suhu 103–105°C.

Total padatan dapat dibagi sebagai berikut.

- 1) *Total Suspended Solid (TSS)*.  
Jumlah padatan yang tertahan pada filter ukuran 2,0  $\mu\text{m}$ .
- 2) *Total Dissolved Solid (TDS)*.  
Jumlah bahan yang terlarut dan berupa koloid yang terlewat di filter.

#### b. Bahan Organik

Kandungan bahan organik dapat dianalisis menggunakan ukuran berikut.

- 1) *Biological Oxygen Demand (BOD)*  
Mengukur jumlah  $\text{O}_2$  yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa-senyawa organik secara biologis (biodegradasi) per satuan volume air limbah.
- 2) *Chemical Oxygen Demand (COD)*  
Mengukur total kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi semua senyawa organik dalam limbah yang dapat teroksidasi secara kimiawi (senyawa karbon selain senyawa-senyawa aromatik, misalnya: benzene dan fenol) serta senyawa-senyawa lain yang dapat teroksidasi (misalnya sulfida, sulfit, dan besi ferro) per satuan volume air limbah.

#### c. Nutrisi (N dan P)

Nitrogen terjadi dalam lima bentuk utama di lingkungan perairan: nitrogen organik, ammonia, nitrit, nitrat, dan gas nitrogen terlarut. Fosfor hampir

seluruhnya berupa fosfat organik dan ortofosfat anorganik atau polifosfat. Berbagai bentuk nitrogen dan fosfor dapat diukur secara analitis dengan teknik kolorimetri.

#### d. Mikroorganisme Patogen

Organisme patogen dalam air berasal dari kotoran hewan atau manusia. Jenis organisme patogen: bakteri, protozoa, cacing, dan virus. Analisis organisme patogen menggunakan organisme indikator (misalnya *Escherichia coli*).

#### e. Polutan Mikro

Polutan mikro dapat berupa logam berat dan senyawa berbahaya. Logam berat seperti arsenik, tembaga, dan merkuri dapat membahayakan organisme akuatik, atau terakumulasi dalam rantai makanan, meskipun konsentrasi logam dalam air relatif rendah. Senyawa beracun, karsinogenik, atau organik berbahaya lainnya dalam air. Contoh: pestisida, bifenil poliklorinasi (PCB), dan hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH).

## 2. Manajemen Limbah Cair

Manajemen limbah cair industri di Indonesia harus mengacu baku mutu limbah cair seperti tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair. Pengelolaan limbah cair dapat mengikuti hirarki berikut.

- Langkah 1: Mencegah atau mengurangi terjadinya limbah.
- Langkah 2: Mengurangi toksisitas atau dampak negatif limbah.
- Langkah 3: Mendaur ulang limbah dalam bentuknya yang sekarang.
- Langkah 4: Menggunakan kembali limbah setelah diproses lebih lanjut.
- Langkah 5: Mengolah limbah sebelum dibuang.
- Langkah 6: Membuang limbah dengan cara yang ramah lingkungan.



### Aktivitas 5.5

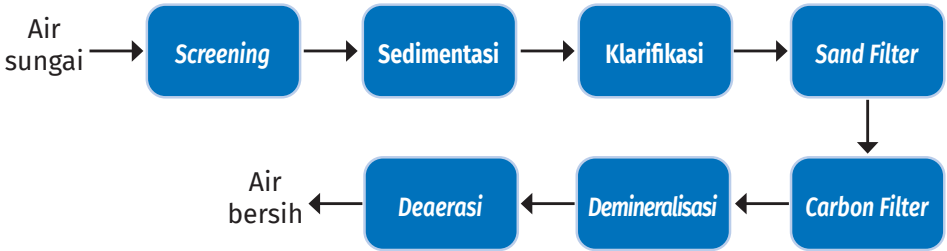
1. Carilah satu baku mutu limbah cair untuk industri kimia!
2. Berikan contoh upaya yang dapat dilakukan untuk pengelolaan limbah. Tulis pada daftar berikut! Kerjakan dalam buku tugasmu.

Langkah	Kegiatan	Contoh Tindakan/Upaya
1.	Mencegah atau mengurangi terjadinya limbah.	Menggunakan alat atau bahan yang dapat dipakai kembali. ... ...

Langkah	Kegiatan	Contoh Tindakan/Upaya
2.	Mengurangi toksisitas atau dampak negatif limbah.	
3.	Mendaur ulang limbah dalam bentuknya yang sekarang.	
4.	Menggunakan kembali limbah setelah diproses lebih lanjut.	
5.	Mengolah limbah sebelum dibuang.	
6.	Membuang dengan cara yang ramah lingkungan.	

### 3. Pengolahan Air

Air untuk industri dapat bersumber dari air sungai atau air laut. Pengolahan dari kedua sumber ini tentunya berbeda. Pengolahan air yang bersumber dari air sungai dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 5.10 Diagram alir pengolahan air dari air sungai.  
 Sumber: Fitriyani Yetti H./Kemendikbud (2023)

### 4. Pengolahan Air Limbah

Pengolahan air limbah harus melalui beberapa tahapan berikut.

#### a. Pengolahan Pendahuluan

Tujuan pengolahan pendahuluan adalah menghilangkan padatan kasar dan material besar lain yang sering ditemukan dalam air limbah masuk. Pengolahan pendahuluan biasanya dilakukan melalui cara berikut.

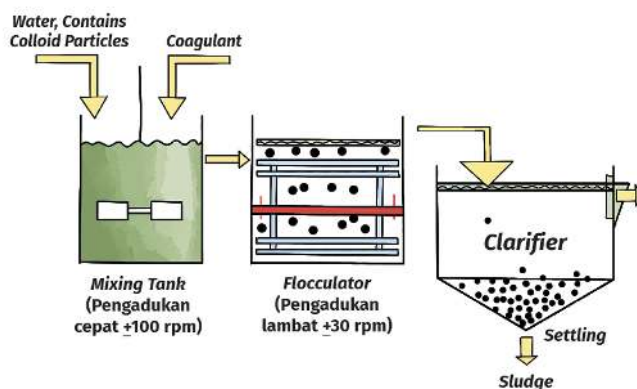
- 1) Penyaringan kasar (*coarse screening*).
- 2) Penghilangan pasir.
- 3) Penghilangan pecahan benda yang besar.

### b. Pengolahan Primer

Pengolahan primer dilakukan dengan proses sedimentasi (pengendapan). Tujuan pengolahan primer adalah menghilangkan padatan organik dan anorganik yang dapat mengendap melalui sedimentasi dan penghilangan material yang akan mengapung dengan cara *skimming*. *Skimming* adalah metode pemisahan minyak yang mengapung di atas permukaan zat cair lain dengan cara menangkap minyak.

### c. Pengolahan Primer Lanjut

Padatan yang tidak dapat mengendap kemudian dikoagulasikan dan diklarifikasi. Koagulasi adalah penambahan bahan kimia (koagulan) ke dalam dispersi koloid (partikel) sampai terbentuknya flok (gumpalan) karena adanya gaya tarik-menarik antarpartikel. Koagulan yang biasa digunakan yaitu alum, ferrisulfat, kapur,  $\text{FeCl}_3$ , dan  $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ . Setelah proses koagulasi dilanjutkan dengan flokulasi, dimana partikel-partikel yang kecil setelah ditambahkan koagulan maka akan membentuk kumpulan partikel (flok) yang lebih besar dengan massa jenis yang lebih besar, sehingga dapat mengendap. Selanjutnya dipisahkan dengan klarifikasi di tangki *clarifier*. Padatan akan mengumpul dan dikeluarkan melalui tangki bagian bawah, sedangkan cairan yang bening dikeluarkan melalui bagian atas tangki.



Gambar 5.11 Contoh unit koagulasi-klarifikasi.

Sumber: Joko Wintoko, 2011

### d. Pengolahan Air Limbah Sekunder

Pengolahan air limbah sekunder sering dikenal dengan pengolahan biologis karena menggunakan makhluk hidup (mikroorganisme) dalam prosesnya. Tujuan pengolahan biologis ini sebagai berikut.

- 1) Mengubah zat/konstituen yang *biodegradable* menjadi produk akhir yang diterima.

- 2) Menangkap dan menggabungkan padatan koloid yang tersuspensi dan tidak dapat mengendap ke dalam flok biologis atau biofilm.
- 3) Mengubah atau membuang nutrisi (N dan P).
- 4) Dalam beberapa kasus, menyingkirkan konstituen dan senyawa organik tertentu.

Proses yang dilakukan pada pengolahan ini yaitu, lumpur aktif, kolam aerasi, *trickling filter*, dan *anaerobic digestion*.

#### e. Pengolahan Air Limbah Tersier dan Lanjut

Pengolahan ini didasarkan atas kebutuhan sebagai berikut.

- 1) Menghilangkan senyawa organik dan *Total Suspended Solid* (TSS) di luar pengolahan sekunder.
- 2) Menghilangkan nutrisi (N dan P).
- 3) Menghilangkan senyawa anorganik (misal logam berat) dan organik tertentu.

Jenis pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara filtrasi lanjut (filtrasi membran), elektrodialisis, adsorpsi, *stripping* (pelucutan gas), pertukaran ion, serta pengolahan dengan reaksi kimia.

## G. Pengendalian Pencemaran Udara

Apa pendapatmu mengenai dua gambar berikut ini? Sampaikan pendapatmu di depan kelas!



Gambar 5.12 Kota dengan udara bersih.

Sumber: Faizal Fanani/Liputan6.com (2021)



Gambar 5.13 Kota dengan udara berpolusi.

Sumber: Kritianto Purnomo/Kompas.com (2021)

### 1. Menenal Pencemaran Udara

Komposisi udara terdiri atas nitrogen ( $N_2$ ) 78,09%, oksigen ( $O_2$ ) 20,94%, argon 0,93%, karbon dioksida 0,03%, dan lain-lain 0,01%. Pemerintah telah menerbitkan peraturan tentang pencemaran udara, yaitu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Carilah informasi mengenai isi peraturan tersebut.



**Tabel 5.2 Jenis dan Karakteristik Pencemar Udara Berdasarkan Kondisi Fisik**

Klasifikasi	Sub-klasifikasi	Pencemar
Partikulat	Padatan	Debu, asap, abu terbang
	Cairan	Kabut, <i>spray</i>
Gas		
Organik	Hidrokarbon	Hexana, benzena, etena, metana, butana, butadiena
	Aldehid dan keton	Formaldehid, aseton
	Organik lainnya	Alkohol, hidrokarbon terklorinasi
Anorganik	Oksida karbon	CO, CO <sub>2</sub>
	Oksida sulfur	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>
	Oksida nitrogen	NO <sub>2</sub> , NO, N <sub>2</sub> O
	Anorganik lainnya	H <sub>2</sub> S, HF, NH <sub>4</sub>

## 2. Sumber Pencemaran Udara

Sumber pencemaran udara terbagi menjadi sumber alamiah dan sumber antropogenetik. Sumber alamiah misalnya meletusnya gunung api dan kebakaran hutan. Sumber antropogenetik, misalnya kendaraan bermotor, pembakaran sampah, kegiatan industri, dan kegiatan pertambangan.

## 3. Baku Mutu Udara

Kualitas atau mutu termasuk udara tentu ada standarnya. Ada dua istilah dalam baku mutu udara, yaitu baku mutu ambien dan baku mutu emisi. Baku mutu ambien adalah baku mutu yang didasarkan pada tempat dimana kita tinggal/berada. Baku mutu emisi didasarkan pada tempat zat pencemar dilepaskan. Penetapan baku mutu udara ada dua prinsip berikut.

- a. Prinsip tidak memberatkan pengusaha (pemilik industri, pemilik kendaraan), sehingga tidak terlalu ketat.
- b. Prinsip tidak mengabaikan kesehatan masyarakat, sehingga tidak terlalu longgar.



### Aktivitas 5.6

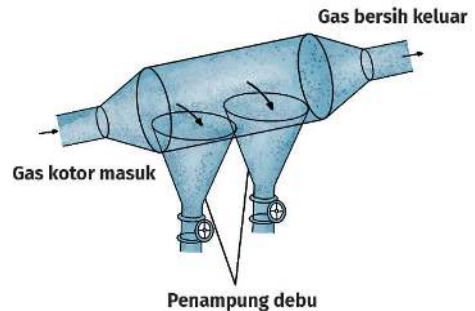
Carilah referensi tentang baku ambien di daerahmu atau kota lain dan bandingkan.

## 4. Alat Pengendali Pencemaran Udara

Pencemaran udara dapat dikendalikan dengan peralatan, tergantung polutan yang ada di dalam bahan baku udara.

### a. Gravity Settler

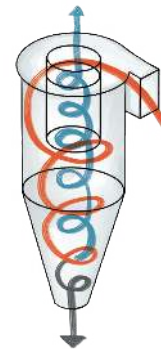
*Gravity settler* telah lama digunakan di industri untuk menghilangkan limbah padat (*particulate matter*) pada aliran gas. Konsepnya sama seperti sedimentasi/pengendapan. Syarat dalam pemisahan ini, gaya berat lebih besar daripada gaya apung, diberikan waktu yang cukup, dan perlu ketenangan/diam/kecepatan alir rendah. Alat ini beroperasi dengan cara melewati aliran gas di tempat yang luas permukaannya (ruang) besar untuk mengurangi kecepatan aliran. Dengan demikian partikel padat akan mengendap karena adanya gaya gravitasi, sedangkan gas mengalir ke pintu keluar gas menjadi gas yang bersih.



Gambar 5.14 Gravity Settler

### b. Cyclone

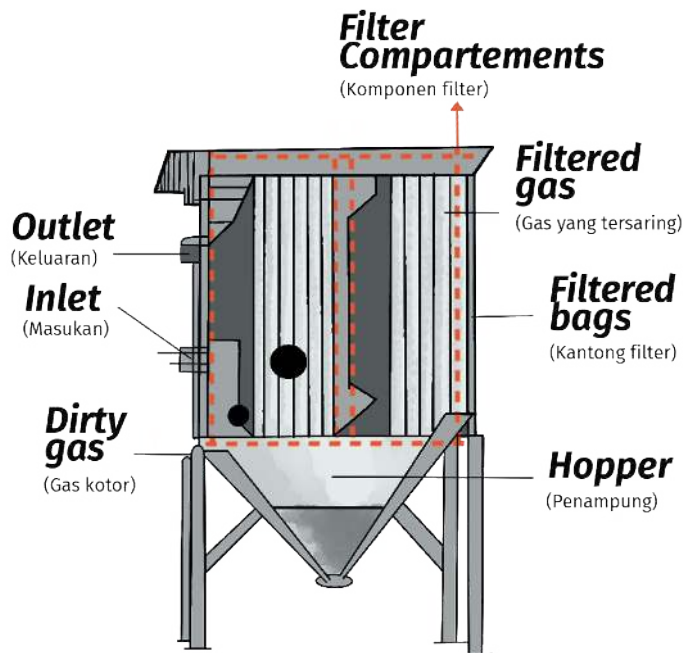
*Cyclone* menggunakan gaya sentrifugal untuk menghilangkan partikel padat yang halus. Alat ini merupakan pemisah padatan dari gas yang paling banyak digunakan di industri.



Gambar 5.15 Cyclone

### c. Fabric Filter

*Fabric filter* adalah metode yang digunakan untuk memisahkan partikel kering (debu) dari sebuah aliran gas. Filter ini dapat menyaring sekitar 90% debu halus. Aliran gas kotor masuk ke dalam kantong filter yang biasanya dipasang paralel agar kapasitasnya lebih besar, debu akan tertangkap dalam kantong di sisi kotor kantong, sedangkan gas keluar melewati sisi kantong yang bersih. Secara berkala debu-debu yang menempel dibersihkan dari kantong dengan cara diguncangkan atau dengan aliran terbalik. Biasanya alat ini digunakan di industri karbon hitam dan semen.



Gambar 5.16 *Fabric Filter*  
 Sumber: Rochim B. Cahyono (2022)

#### d. *Electrostatic Precipitator*

*Electronic precipitator* adalah alat yang digunakan untuk menghilangkan debu dari gas yang mengalir (seperti udara) menggunakan gaya tarik elektrostatis yang diinduksi (muatan yang sama akan tolak-menolak, muatan yang berbeda akan tarik-menarik). Alat ini merupakan alat filtrasi yang sangat efisien memungkinkan aliran gas melalui alat, dan dapat dengan mudah menghilangkan partikel halus seperti debu dan asap dari aliran udara.

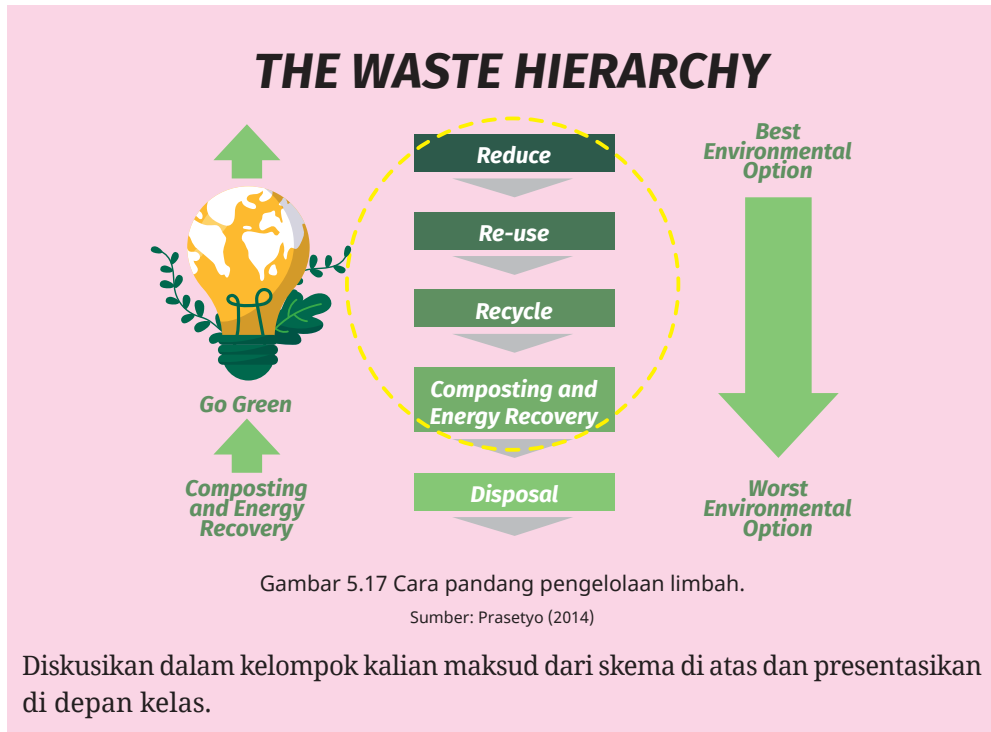
## H. Pengelolaan Limbah B3 dan Non-B3

Limbah berdasarkan wujudnya dapat berupa padatan, cairan, dan gas. Contoh limbah berupa padatan adalah lumpur, abu boiler, sampah kantor, dan sampah rumah tangga. Limbah berupa cairan seperti limbah cair cucian rumah tangga, limbah kegiatan laboratorium, atau produksi di industri. Limbah berupa gas seperti gas sisa dari pembakaran dan produksi suatu industri.

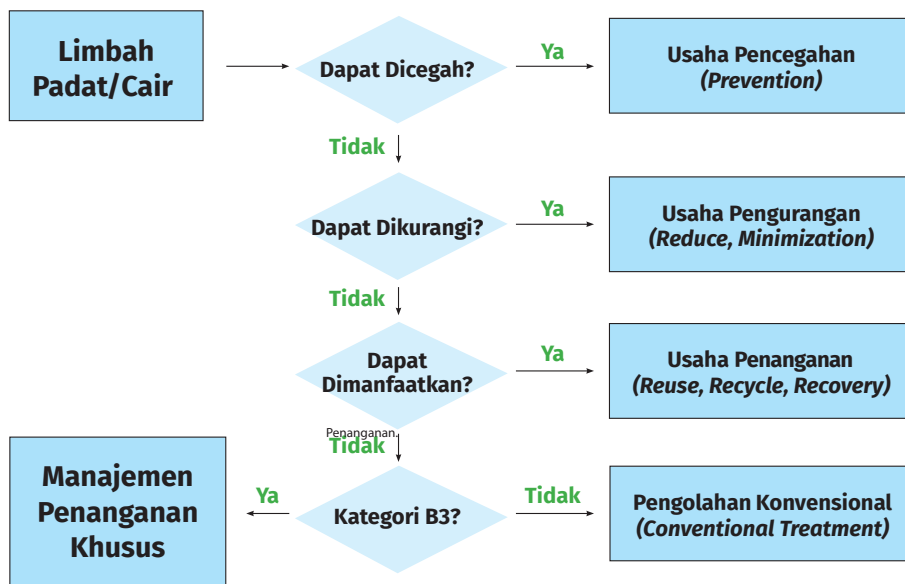


### Aktivitas 5.7

Bentuklah kelompok diskusi yang terdiri atas 4 peserta didik, kemudian perhatikan skema cara pandang pengelolaan limbah di bawah ini.



Penanganan limbah harus dilakukan secara komprehensif, seperti pada algoritma pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Algoritma Penanganan Limbah

Sumber: Prasetyo (2014)

Berdasarkan tingkat bahayanya limbah dikategorikan menjadi limbah B3 dan non-B3.

## 1. Pengelolaan Limbah Bahan Beracun dan Berbahaya (B3)

Pemerintah telah mempunyai dasar hukum pengelolaan limbah, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah B3. Limbah B3 merupakan limbah yang di dalamnya terdapat zat atau senyawa yang beracun dan berbahaya sehingga keberadaannya dapat merusak lingkungan, mengganggu kesehatan, dan mengancam kelangsungan kehidupan makhluk hidup. Yang dimaksud B3 adalah bahan yang mempunyai minimal salah satu karakteristik limbah B3, yakni mudah menyala, mudah meledak, reaktif, infeksius, dan korosif.

Pemanfaatan limbah B3 wajib dilaksanakan bagi yang menghasilkan limbah B3 atau diserahkan kepada pemanfaat limbah B3 dapat sebagai substitusi bahan baku, substitusi energi, sebagai bahan baku dan cara lain sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pengolahan limbah B3 dilakukan dengan cara termal, stabilisasi dan solidifikasi, bioremediasi, elektrokoagulasi, serta pencucian.

## 2. Pengelolaan Limbah Non-B3

Pengelolaan limbah non-B3 dapat dilakukan dengan mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 19 Tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun. Limbah non-B3 merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang tidak menunjukkan karakteristik limbah B3. Limbah non-B3 dapat dimanfaatkan dengan cara *reuse* (penggunaan kembali), *recycle* (daur ulang) maupun perolehan kembali dengan cara mengubahnya menjadi produk yang dapat digunakan lagi dengan cara yang aman.

Pengurangan limbah non-B3 dapat dilakukan dengan cara penggilingan, pencacahan, pemadatan, termal, atau cara lainnya sesuai dengan perkembangan iptek. Penyimpanan dapat dilakukan pada fasilitas berupa bangunan, silo (tempat untuk menyimpan bahan padat), tempat tumpukan limbah, dan sebagainya. Pemanfaatan limbah non-B3 dapat sebagai substitusi bahan baku, substitusi energi, sebagai bahan baku, sebagai produk samping dan cara lain sesuai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

### I. *Material Safety Data Sheet (MSDS)*

Apakah kamu pernah melihat kemasan atau botol serupa dengan gambar di samping? Jika kamu sering melakukan kegiatan praktikum kimia pasti tidak asing melihat kemasan di atas. Untuk bahan kimia berbahaya dan tergolong jenis pro analisis pasti kamu akan menjumpai label dalam kemasan. Sebelum kita

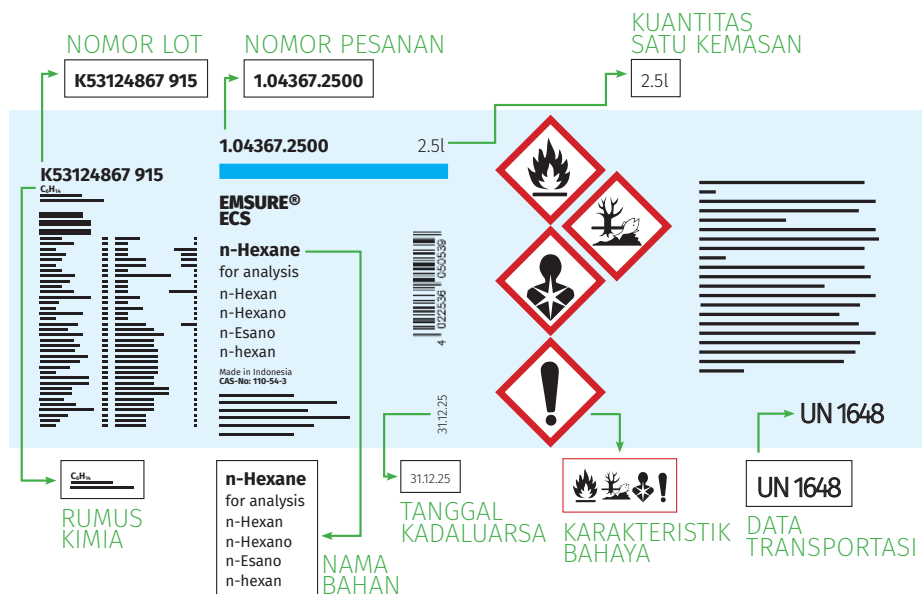
menggunakan bahan kimia seharusnya kita membaca hal-hal yang terdapat dalam label kemasan. Apa pentingnya label tersebut? Pada label tersebut terdapat *Material Safety Data Sheet* (MSDS) atau Label Data Keselamatan Bahan (LDKB).

## 1. Mengenal Material Safety Data Sheet (MSDS)

MSDS/LDKB adalah kumpulan data keselamatan dan petunjuk dalam penggunaan bahan-bahan kimia berbahaya. Isi MSDS sebagai berikut.

- Informasi bahan kimia.
- Sifat fisika dan kimia.
- Penggunaan penanggulangan.
- Penyimpanan.
- Penanganan limbah.
- Gejala *over exposure*.
- Cara bekerja yang aman dengan produk kimia.
- Prosedur darurat.
- Potensi bahaya (kesehatan, kebakaran, reaktivitas, dan lingkungan).

Kita amati contoh MSDS dalam label bahan berikut.



Gambar 5.20 MSDS dalam Label *N-Heksana*



Gambar 5.19 Kemasan Asam Klorida

Sumber: Fitriyani Yetti H. (2022)

## 2. Tujuan Pembuatan MSDS

Tujuan pembuatan MSDS sebagai berikut.

### a. Informasi dan Acuan

Sebagai informasi dan acuan bagi para pekerja dan supervisor dalam menangani bahan kimia.

### b. Upaya pencegahan kecelakaan akibat kerja

Mencegah, menghindari, dan menanggulangi kecelakaan yang mungkin terjadi.

### c. Sikap penanganan bahan

Mendorong sikap kehati-hatian pekerja dalam menangani bahan kimia berbahaya.

## 3. Informasi dalam MSDS

Berikut informasi yang terdapat dalam MSDS.

### a. Product and Company Identification

Menerangkan identitas produk serta perusahaan yang memproduksi produk.

### b. Composition/Information on Ingredients

Menjelaskan komposisi bahan yang bersangkutan, konsentrasi, campuran, dan sebagainya.

### c. Identifikasi Bahaya

Berisi tentang sifat-sifat bahaya berikut: bahaya kesehatan, bahaya kebakaran, dan bahaya reaktivitas. Menurut National Fire Protection Association (NFPA), simbol bahaya bahan kimia berbentuk persegi. Sebagai contoh:

**Health (Kesehatan)**

Skala 0 : Merupakan bahan-bahan yang tidak menimbulkan bahaya kesehatan meskipun mudah terbakar. Contohnya kertas, kayu, dan lain sebagainya.

Skala 1 : Bahan-bahan yang perannya dapat menyebabkan iritasi pada kulit. Contohnya aseton, kalium klorida, dan lain-lain.

Skala 2 : Bahan atau zat yang paparan secara terus-menerus dapat menyebabkan ketidakmampuan sementara dan cedera. Contohnya dietil eter, ammonium fosfat, dan lain-lain.

Skala 3 : Zat-zat yang paparan singkatnya dapat menyebabkan cedera serius, sementara, atau sedang. Contohnya hidrogen cair, asam sulfat, kalsium hipoklorit, dll.

Skala 4 : Zat-zat yang paparan-nya sangat singkat dapat menyebabkan kematian atau cedera yang parah. Contohnya diboran, fosgen, metil isosianat, dll.

**Flammability (Kemudahan terbakar)**

Skala 0 : Mengidentifikasi bahan tersebut tidak mudah terbakar di udara atmosfer dengan suhu 820 °C selama 5 menit. Beberapa contohnya adalah, beton, batu, dan pasir.

Skala 1 : Bahan-bahan yang titik nyalanya pada atau di atas 93,3°C ini memerlukan pemanasan awal sebelum terbakar. Contohnya seperti ammonia, minyak mineral, dll.

Skala 2 : Bahan ini memiliki titik nyala antara 37,8-93,3°C dan biasanya membutuhkan pemanasan awal yang bersifat moderat sebelum terjadinya pembakaran. Contohnya belerang, solar, dll.

Skala 3 : Bahan jenis ini memiliki titik nyala relatif rendah (22,8-37,8°C), dan tergolong mudah terbakar. Contohnya aseton, dan bensin.

Skala 4 : Bahan-bahan yang titik nyalanya di bawah 22,8°C. Ini merupakan bahan yang sangat mudah terbakar di lingkup udara atmosfer. Contohnya propane, gas hidrogen, dan asetilen.

**Reactivity (Reaktivitas)**

Skala 0 : Zat-zat yang tergolong stabil, bahkan saat terjadi bahaya kebakaran. Contohnya helium, dan nitrogen.

Skala 1 : Zat-zat yang biasanya stabil, namun akan menjadi sangat reaktif pada suhu dan tekanan tinggi. Contohnya propena.

Skala 2 : Merupakan zat yang mengalami perubahan kimia hebat pada suhu dan tekanan tinggi, serta memiliki reaktivitas tinggi jika bertemu dengan air. Contohnya natrium, dan kalium.

Skala 3 : Bahan-bahan yang dapat meledak, tetapi membutuhkan pemicu (sumber inisiasi) yang kuat. Contohnya hidrogen peroksida, dan cesium.

Skala 4 : Bahan yang mampu meledak di suhu dan tekanan normal (atmosfer). Contohnya nitrogliserin, azidoazide azide, dan TNT.

**Special Hazards (Bahaya Khusus)**

OX : Zat yang pada dasarnya pengoksidasi. Contohnya kalium perklorat, dan ammonium nitrat.

W : Zat yang dapat bereaksi dengan air dengan cara yang tidak biasa dan tergolong sangat berbahaya. Contohnya asam sulfat, dan cesium.

SA : Simbol ini memberikan informasi tentang gas yang dapat menyebabkan sesak napas. Contohnya helium, dan argon.

Gambar 5.21 Simbol bahaya bahan kimia menurut NFPA.

Sumber: OpenStax, CC BY 4.0/Wikimedia Commons (2016)



**Keterangan:**

- 1) *Red – Flammability*
- 2) *Blue – Health*
- 3) *Yellow – Reactivity*
- 4) *White – Special*

Untuk Merah, Biru, dan Kuning dengan skala: 0 – 4. Skala 4 paling berbahaya.

**Aktivitas 5.8**

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 3–4 peserta didik. Kemudian tontonlah video tentang bahaya yang terjadi jika tidak menerapkan K3LH dengan memindai *QR Code* di samping ini. Diskusikan dalam kelompok kalian. Setelah itu, presentasikan di dalam kelas.

**Rangkuman**

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah upaya untuk menciptakan lingkungan kerja yang sehat dan aman, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja atau sakit akibat kerja yang menyebabkan terganggunya produktivitas kerja.
2. Bahaya-bahaya di tempat kerja bidang industri kimia tidak terlepas karena banyak bahan berbahaya yang mempunyai sifat beracun, reaktif, mudah menyala, mudah meledak, oksidator, dan iritan. Keadaan darurat adalah kondisi yang tidak normal, terjadi tiba-tiba, mengganggu aktivitas, dan perlu segera ditanggulangi.
3. Budaya kerja industri dilakukan dengan menerapkan 5R (Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, Rajin). Dalam rangka penerapan K3LH maka dilakukan pengendalian pencemaran air dan udara serta pengelolaan limbah B3 dan non-B3 sesuai dengan MSDS.

**Uji Kompetensi****Kerjakan soal-soal berikut!**

1. Seorang karyawan bekerja di bagian *quality control* suatu pabrik makanan dan minuman. Menurutmu, alat pelindung diri apa yang harus digunakan karyawan tersebut? Jelaskan alasannya!

- Seorang siswa akan melakukan kegiatan praktikum ekstraksi minyak kemiri. Pelarut yang digunakan adalah n-Heksana. Sebelum melakukan kegiatan praktik tentunya siswa tersebut harus memahami MSDS dari n-Heksana. Dari label bahan, dia menemukan simbol bahaya seperti pada gambar di samping.



Sumber: Fitriyani Yetti H. (2022)

Gambar dan jelaskan arti simbol bahaya pada n-Heksana tersebut!

- Apa perbedaan antara limbah padat B3 dan non-B3? Coba tuliskan contoh limbah-limbah tersebut!
- Kendaraan bermotor di kota menimbulkan pencemaran udara. Dalam kasus ini apa yang menjadi sumber pencemar udara dan apa saja yang menjadi polutan?
- Berdasarkan informasi di dalam MSDS, *hazard* dari metanol menurut NFPA seperti pada gambar di bawah ini.



Jelaskan maksud dari gambar di atas!



### Pengayaan

Untuk menambah wawasanmu tentang penerapan K3LH di industri kimia, yuk kita pelajari materi ini dengan memindai QR Code di samping.



### Refleksi

Coba renungkan secara mandiri. Setelah mempelajari bab ini,

- Apakah kamu memahami tentang K3LH dan budaya kerja industri?
- Dengan mengamati kegiatan praktik di laboratorium, apakah sudah memenuhi aspek penerapan K3LH dan budaya kerja industri?
- Jika ada yang belum memenuhi, apa yang harus kamu lakukan untuk memperbaikinya?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)

## Bab 6

# Kimia Organik Dasar

Menurutmu, apakah kegunaan alkohol (etanol)? Apakah alkohol tergolong senyawa organik?

Sumber: Muhammad Ridwan/Bisnis.com (2021)



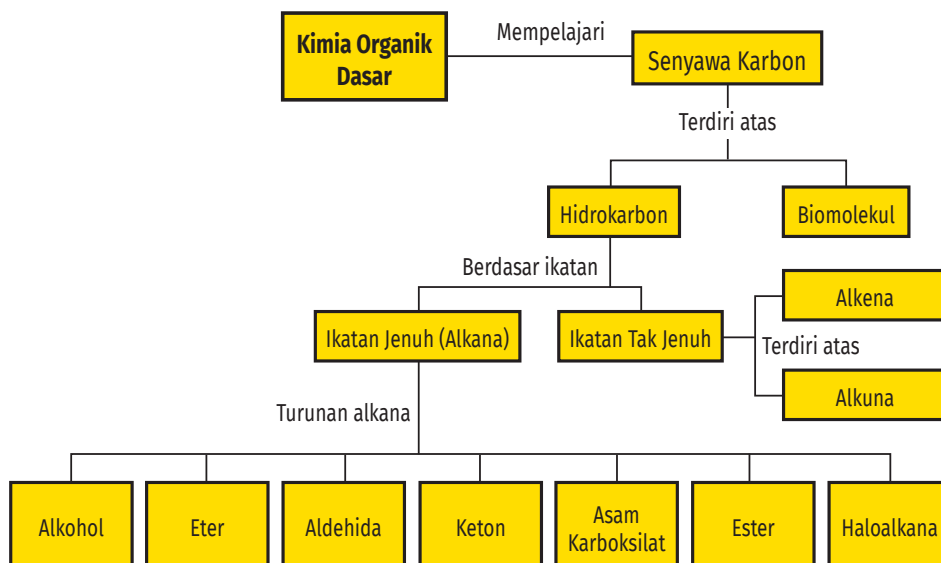
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menguji keberadaan unsur C, H, dan O dalam senyawa karbon;
- memahami perbedaan senyawa organik dengan anorganik;
- menggolongkan senyawa hidrokarbon berdasarkan kejenuhan ikatan dan tata namanya;
- menjelaskan konsep isomer dan penerapannya pada sifat senyawa karbon;
- menjelaskan kegunaan dan komposisi senyawa hidrokarbon dalam kehidupan sehari-hari;
- mengidentifikasi gugus fungsi dalam suatu senyawa;
- membedakan alkohol primer, sekunder, dan tersier;
- menuliskan senyawa isomer dan memberi nama senyawa turunan hidrokarbon; serta
- menjelaskan sifat-sifat dan kegunaan serta dampak senyawa turunan hidrokarbon kehidupan sehari-hari.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Kimia Organik, Kimia Anorganik, Senyawa Organik, Hidrokarbon, Senyawa Turunan hidrokarbon, Alkana, Alkena, Alkuna, Alkohol, Eter, Aldehyde, Keton, Asam Karboksilat, Ester, Alkil Halida



Gambar 6.1 Senyawa karbon dalam kehidupan sehari-hari.

Sumber: Dhias Suwandi/Antaraneews.com (2015)

Aktivitas kita sehari-hari tidak terlepas dari senyawa karbon organik, baik berupa makanan, pakaian, bahan bakar, maupun peralatan rumah tangga. Senyawa karbon merupakan senyawa paling banyak terdapat di alam karena sifat khas atom karbon yang dapat membentuk rantai karbon yang stabil, baik rantai lurus maupun bercabang. Senyawa karbon yang hanya tersusun dari atom karbon dan hidrogen disebut senyawa hidrokarbon. Selain hidrokarbon, terdapat golongan senyawa turunan hidrokarbon, yaitu golongan alkohol, eter, alkanal, alkanon, alkanoat, alkil alkanoat, dan haloalkana.

Sebelum kita pelajari lebih lanjut, apa yang telah kamu ketahui tentang contoh-contoh senyawa organik dalam kehidupan sehari-hari? Marilah kita pelajari senyawa-senyawa tersebut dalam hal struktur, cara penulisan, tata nama, sifat, identifikasi, dan kegunaan pada bab ini.

## A. Senyawa Organik

Dalam kehidupan sehari-hari kita menggunakan senyawa organik untuk berbagai keperluan. Apa yang dimaksud dengan senyawa organik? Senyawa karbon yang jumlahnya mencapai jutaan merupakan komponen utama penyusun makhluk hidup sehingga senyawa karbon lebih dikenal dengan senyawa organik.

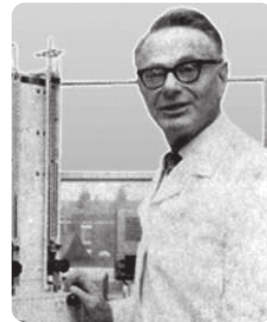
Pada tahun 1823, Friedrich Wohler (1800–1882) seorang ahli kimia dari Jerman, berhasil mensintesis senyawa organik yaitu Urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  yang terdapat dalam urin dengan pemanasan garam amonium sianat.  $\text{NH}_4\text{OCN} \xrightarrow{\text{T}} \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . Sejak penemuan Wohler ini, para ahli kimia percaya bahwa senyawa organik dapat disintesis di laboratorium. Selain itu, penggolongan senyawa organik dan anorganik tidak didasarkan pada asalnya, tetapi lebih didasarkan pada sifat dan strukturnya. Apa saja perbedaan



Gambar 6.2 Friedrich Wohler  
Sumber: Rudolph Hoffmann/ Wikimedia Commons, Public domain (2017)

senyawa karbon organik dengan senyawa karbon anorganik? Coba kamu lakukan studi literatur untuk menemukan jawabannya.

Oleh karena jumlah senyawa organik sangat banyak dan peranannya sangat penting bagi makhluk hidup, maka senyawa organik dipelajari secara khusus dalam cabang ilmu Kimia, yaitu Kimia Organik. Seorang ahli kimia yang bernama Hans Krebs pertama kali melakukan serangkaian reaksi glukosa (gula) diuraikan untuk menghasilkan karbon dioksida, air dan energi. Gas  $\text{CO}_2$  dari pemanasan senyawa karbon dapat mengeruhkan air kapur. Adanya gas  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan dari suatu senyawa menunjukkan bahwa senyawa mengandung unsur C. Uji kertas kobalt digunakan untuk mengidentifikasi adanya uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Kertas kobalt berwarna biru dengan uap air berubah menjadi merah jambu.



Gambar 6.3 Hans Krebs (1900–1981)

Sumber: Jendela Iptek: Kimia, (1997)

Kertas kobalt + Uap air  $\longrightarrow$  Kertas kobalt  
(biru) (merah jambu)

Untuk mengetahui adanya karbon dan hidrogen dalam senyawa organik lakukan percobaan pada kegiatan berikut.



### Aktivitas 6.1

#### Tugas Kelompok

#### Menguji Keberadaan Unsur C, H, dan O dalam Senyawa Karbon

**Tujuan:** Mengidentifikasi unsur penyusun suatu senyawa karbon

#### Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi
- Statif dan Klem
- Sumbat gabus
- Selang
- Gula pasir, Tembaga (II) Oksida
- Kertas kobalt
- Air kapur
- Lampu spiritus

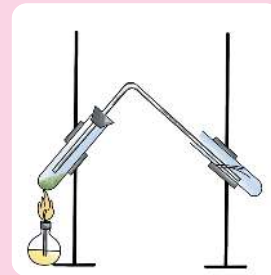
#### Keselamatan Kerja:



Kenakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*) dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

### Langkah Kerja:

1. Masukkan gula dan serbuk tembaga (II) oksida ke dalam tabung reaksi besar, kemudian tutuplah dengan sumbat gabus dengan selangnya.
2. Masukkan air kapur ke dalam tabung reaksi kecil.
3. Panaskan gula dalam tabung reaksi sampai menjadi hitam, kemudian ujliah uap yang keluar dengan kertas kobalt. Catat perubahan yang terjadi.
4. Panaskan terus gula dalam tabung reaksi dan alirkan gas yang terjadi ke dalam air kapur seperti pada gambar, amati perubahan yang terjadi pada air kapur.



Gula

Air Kapur

### Tugas Individu

Buatlah laporan praktikum dan presentasikan di depan kelas.

## B. Sifat Khas Atom Karbon

Banyaknya jenis dan jumlah senyawa karbon tidak terlepas dari sifat khas yang dimiliki atom karbon yang tidak dimiliki oleh atom-atom lain sebagai berikut.

1. Atom karbon dapat membentuk empat ikatan kovalen dengan atom-atom lain. Hal ini disebabkan atom karbon memiliki 4 elektron valensi. Konfigurasi elektron pada atom karbon dapat dituliskan:

Kulit	K	L
${}_6\text{C}$	2	4

keterangan: K dan L adalah nama kulit atom tempat elektron

Karbon bervalensi 4, sehingga dapat membentuk 4 ikatan kovalen sebagai berikut.



2. Atom karbon dapat membentuk rantai karbon, yaitu ikatan antara sesama atom karbon secara berantai, sehingga dapat membentuk senyawa yang banyak sekali jenisnya.

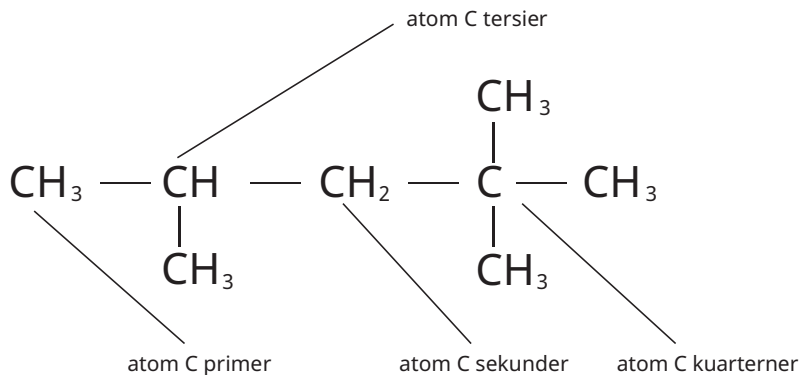
## C. Posisi Atom Karbon dalam Rantai Karbon

Posisi atom karbon ditentukan oleh banyaknya atom karbon yang mengikat atom karbon tersebut dalam rantai karbon. Posisi atom karbon dibedakan



menjadi empat macam, yaitu atom karbon primer, sekunder, tersier, dan kuarterner. Perhatikan contoh berikut.

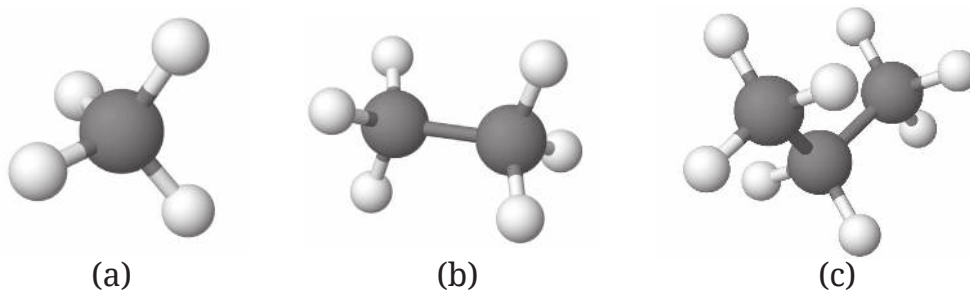
**Contoh:**



Pada senyawa di atas terdapat lima atom C primer, satu atom C sekunder, satu atom C tersier, dan satu atom C kuarterner. Berdasarkan contoh di atas, apakah yang dimaksud atom karbon primer, atom karbon sekunder, atom karbon tersier, dan atom karbon kuarterner?

#### D. Hidrokarbon

Golongan senyawa karbon yang hanya tersusun dari unsur karbon (C) dan hidrogen(H) disebut hidrokarbon. Contoh Metana ( $\text{CH}_4$ ), etana ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), dan propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ). Dengan menggunakan perangkat model molekul (molymod) dapat disusun model molekul sebagai berikut.



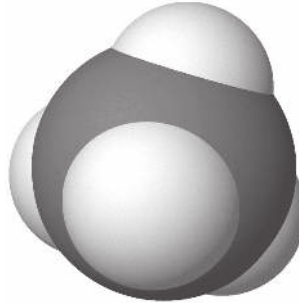
Gambar 6.4 Model Molekul

a. Metana b. Etana c. Propana

Berdasarkan ikatan yang terkandung di dalamnya, hidrokarbon digolongkan menjadi dua golongan, yaitu hidrokarbon jenuh dan hidrokarbon tak jenuh. Hidrokarbon jenuh terdiri atas golongan alkana, sedangkan hidrokarbon tak jenuh terdiri atas alkena (dengan ikatan rangkap 2) dan alkuna (dengan ikatan rangkap 3).

## 1. Alkana

Alkana merupakan hidrokarbon jenuh dengan rantai terbuka. Semua ikatan antaratom karbon dalam alkana merupakan ikatan tunggal. Alkana yang paling sederhana adalah metana  $\text{CH}_4$ .



Gambar 6.5 Bentuk  $\text{CH}_4$

Selanjutnya perhatikan tabel sepuluh suku pertama alkana berikut.

Tabel 6.1 Senyawa Alkana

Nama Senyawa	Rumus Molekul	Rumus Struktur	Titik Didih ( $^{\circ}\text{C}$ )
Metana	$\text{CH}_4$	$\text{CH}_4$	-161
Etana	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_3$	-89
Propana	$\text{C}_3\text{H}_8$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	-44
Butana	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	0,5
Pentana	$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	36
Heksana	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	68
Heptana	$\text{C}_7\text{H}_{16}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	98
Oktana	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	125
Nonana	$\text{C}_9\text{H}_{20}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	151
Dekana	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	174

### a. Rumus Umum Alkana

Berdasarkan tabel 6.1 di atas, bagaimanakah rumus perbandingan jumlah atom C dengan atom H pada alkana? Dari tabel di atas dapat ditarik rumus umum alkana adalah  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Dengan demikian perbandingan jumlah atom C dan H dalam alkana adalah  $n : (2n + 2)$ .

## b. Deret Homolog

Pada Tabel 6.1 di atas terlihat bahwa antara anggota alkana yang satu dengan anggota berikutnya bertambah sebanyak  $\text{CH}_2$ . Inilah sebabnya alkana disebut deret homolog. Dari tabel tersebut juga terlihat hubungan makin panjang rantai karbon (makin besar  $M_r$ ) makin tinggi titik didihnya.

## c. Tata Nama Alkana

Senyawa karbon, khususnya hidrokarbon jumlah dan jenisnya sangat banyak sehingga penamaannya dilakukan secara sistematis. Penamaan senyawa karbon didasarkan pada aturan yang dibuat International Union and Pure Applied Chemistry (IUPAC). Tata nama alkana secara garis besar sebagai berikut.

### 1) Alkana Tidak Bercabang

Namanya sesuai dengan jumlah atom C yang dimiliki dan diberi awalan n ( $n = \text{normal}$ ) serta diakhiri dengan akhiran "ana". Contoh:

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	n-butana
$\text{C}_5\text{H}_{12}$	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	n-pentana

### 2) Alkana Bercabang

Cabang pada alkana berupa gugus alkil yang biasa dilambangkan dengan R. Gugus alkil adalah alkana yang telah kehilangan satu atom H.

Rumus umum alkana :  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$

Rumus umum alkil :  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$

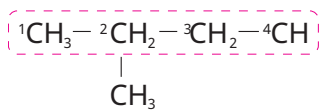
Contoh:

Alkana	Alkil
$\text{CH}_4$ Metana	$\text{CH}_3^-$ Metil
$\text{C}_2\text{H}_6$ Etana	$\text{C}_2\text{H}_5^-$ Etil
$\text{C}_3\text{H}_8^-$ Propana dan seterusnya	$\text{C}_3\text{H}_7^-$ Propil

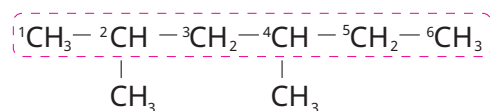
Langkah-langkah memberi nama alkana bercabang sebagai berikut.

- Tentukan rantai yang terpanjang (rantai induk) yang menjadi nama alkana.
- Tentukan cabang-cabangnya (alkil).

- c) Berilah nomor pada rantai utama dimulai dari ujung yang paling dekat dengan cabang, agar nomor atom C yang mengikat cabang sekecil mungkin.
- d) Jika cabang lebih dari satu.  
Cabang yang sama penulisan ditambah awalan di, tri, tetra, dan seterusnya yang menunjukkan jumlah cabang. Cabang yang berbeda, penulisan sesuai dengan urutan abjad (etil lebih dahulu daripada metil). Jika terdapat beberapa pilihan rantai C terpanjang, pilihlah rantai C yang mengikat alkil (cabang) yang terbanyak.
- e) Urutan penamaan: nomor cabang, nama cabang, nama alkana rantai terpanjang.

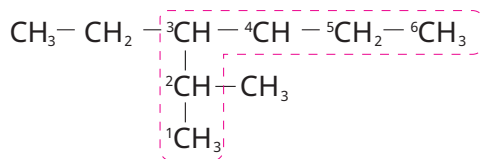


2 - metil butana



2, 4 - dimetil heksana

(bukan 3, 5 - dimetil heksana)



3 - etil - 2 - metil heksana

#### d. Isomer

Tahukah kamu yang dimaksud isomer? Isomer adalah senyawa dengan rumus molekul sama, tetapi rumus struktur (rumus bangunnya) berbeda. Tiga senyawa alkana pertama metana, etana, dan propana tidak mempunyai isomer, mulai butana memiliki isomer.

Contoh:

- 1) Butana  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  memiliki 2 isomer
- 2)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  n butana
- 3)  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$  2 metil propana

#### e. Sifat-sifat Alkana

- 1) Alkana merupakan hidrokarbon jenuh sehingga kurang reaktif. Makin panjang rantai karbon, makin kurang reaktif.
- 2) Bersifat nonpolar sehingga tidak larut dalam air.



Perhatikan tiga suku pertama alkena berikut.

Tabel 6.2 Tiga Suku Pertama Alkena

Rumus molekul	Rumus Struktur	Nama
$C_2H_4$	$CH_2 = CH_2$	Etana
$C_3H_6$	$CH_2 = CH - CH_2$	Propena
$C_4H_8$	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$	Butena

### a. Rumus Umum

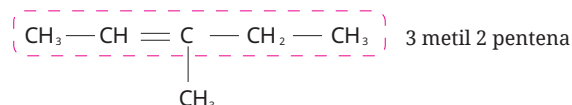
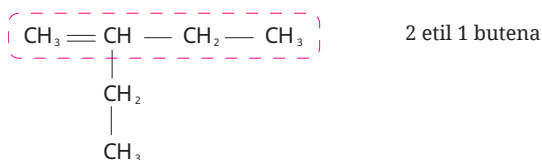
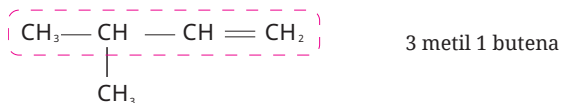
Contoh alkena pada tabel di atas dapat ditarik rumus umum alkena, yaitu  $C_nH_{2n}$ . Ini artinya jumlah atom H dalam alkena adalah dua kali jumlah atom C, atau perbandingan jumlah atom C dengan atom H adalah 1 : 2. Dari tabel di atas juga terlihat bahwa setiap suku alkena dengan suku berikutnya memiliki selisih  $CH_2$ , sehingga alkena juga merupakan deret homolog.

### b. Tata Nama Alkena

Nama Alkena diturunkan dari nama alkana, yaitu sesuai dengan jumlah atom C yang dimiliki, dengan menggantikan akhiran “ana” dengan akhiran “ena”. Selain itu, beberapa hal yang harus diperhatikan dalam memberi nama alkena sebagai berikut.

- 1) Rantai utama dipilih rantai yang terpanjang dan harus mengandung ikatan rangkap.
- 2) Penomoran rantai utama dimulai dari ujung yang dekat dengan ikatan rangkap, sehingga atom C yang berikatan rangkap memiliki nomor serendah mungkin.
- 3) Aturan yang lain seperti alkana.
- 4) Urutan penamaan: nomor cabang – nama cabang – nomor ikatan rangkap – nama alkena rantai utama.

#### Contoh:



### c. Isomer Alkena

Isomer pada alkena dapat terjadi karena perbedaan rantai karbon dan letak ikatan rangkapnya. Hal ini berarti selain isomer rantai, alkena juga memiliki isomer posisi dan isomer geometri. Carilah informasi tentang pengertian isomer-isomer tersebut beserta contohnya.



#### Aktivitas 6.2

1. Dengan menggunakan molymod rakitlah/susunlah struktur cis 2-butena dan trans 2-butena!
2. Tunjukkan bahwa struktur keduanya merupakan bayangan cermin.

## 3. Alkuna

Alkuna merupakan hidrokarbon tak jenuh dengan sebuah ikatan rangkap tiga. Alkuna yang paling sederhana adalah etena  $C_2H_2$ . Rumus struktur etena digambarkan sebagai:  $H - C \equiv C - H$

Tabel 6.3 Tiga Suku Pertama Alkuna

Rumus Molekul	Rumus Struktur	Nama
$C_2H_2$	$CH \equiv CH$	Etuna
$C_3H_4$	$CH_3 - C \equiv CH$	Propuna
$C_4H_6$	$CH_3 - CH_2 - C \equiv CH$	Butuna
Dst		

### a. Rumus Umum Alkuna

Dari tabel tiga suku pertama alkuna di atas terlihat perbandingan jumlah atom C dan atom H adalah  $n: 2n-2$ . Jadi, rumus umum alkuna adalah:

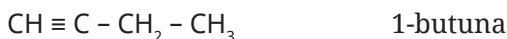


Bagaimana rumus molekul alkuna suku berikutnya setelah  $C_4H_6$ ?

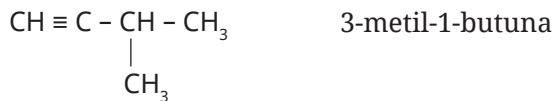
### b. Tata Nama Alkuna

Alkuna diberi nama seperti alkena dengan mengganti akhiran *ena* dengan akhiran *una*.

#### Contoh:

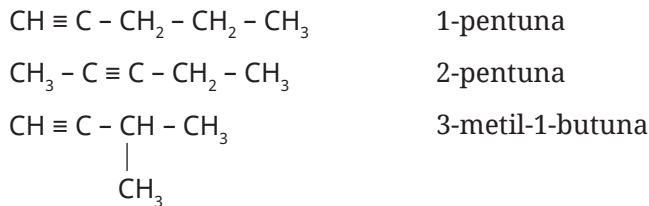






### c. Isomer Alkuna

Alkuna hanya memiliki isomer rantai dan isomer posisi, sedangkan isomer geometri tidak dimiliki alkuna. **Contoh:** Isomer Pentuna  $\text{C}_5\text{H}_8$



### d. Sifat-sifat Alkena dan Alkuna

- 1) Makin panjang rantai karbonnya, makin tinggi titik didih dan titik lelehnya.
- 2) Alkena dan alkuna merupakan hidrokarbon tak jenuh, sehingga mudah mengalami reaksi adisi (penambahan).
- 3) Alkena dan alkuna dapat mengalami reaksi polimerisasi, yaitu penggabungan monomer-monomer (molekul kecil) menjadi polimer (makromolekul).



#### Aktivitas 6.3

### Menguji Ikatan Karbon Tidak Jenuh

**Tujuan:** Menguji ikatan karbon tidak jenuh pada margarin.

**Alat dan Bahan:** Tabung reaksi, margarin, air brom

**Keselamatan Kerja:** \_\_\_\_\_ 

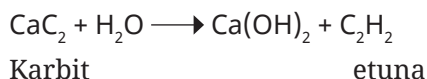
Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*) dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

#### Langkah Kerja:

1. Masukkan sedikit air brom ke dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan margarin atau mentega ke dalam air brom.
3. Amati perubahan yang terjadi.

### e. Kegunaan Alkena dan Alkuna

Tahukah kamu apa kegunaan karbit? Alkena dan alkuna merupakan bahan yang digunakan untuk pembuatan plastik yang akan kamu pelajari di kelas XI pada proses industri kimia. Etuna (asetilena) merupakan gas yang dihasilkan dari reaksi karbit dengan air digunakan untuk bahan bakar pengelasan logam.



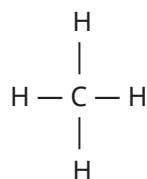
Gambar 6.7 Gas asetilen diperoleh dengan mereaksikan Kalsium karbida dengan air.

Sumber: Chemistry (Chang), 2002

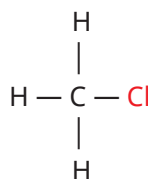
## E. Gugus Fungsi Senyawa Karbon

Bila satu atau lebih atom hidrogen pada alkana diganti dengan atom atau gugus lain akan menjadi turunan alkana. Atom atau gugus atom yang menentukan sifat senyawa karbon disebut gugus fungsi.

**Contoh:**



metana



kloro metana (turunan metana)

Pada contoh di atas, kloro metana merupakan turunan dari metana dimana satu atom H pada metana diganti oleh gugus fungsi Cl.

## Peranan Gugus Fungsi dalam Senyawa Karbon

Gugus fungsi pada senyawa karbon menentukan sifat golongan senyawa karbon tersebut, karena setiap fungsi memiliki sifat yang khas.

**Contoh:**

Gugus  $\begin{array}{c} \text{O} \\ // \\ \text{C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$  pada aldehid dapat bereaksi dengan larutan fehling (larutan tembaga (II) oksida) menghasilkan endapan merah  $\text{Cu}_2\text{O}$

Dengan demikian, sifat khas gugus fungsi dapat digunakan untuk mengenal/mengidentifikasi senyawa karbon.

## F. Senyawa Turunan Hidrokarbon

Berdasarkan gugus fungsinya, senyawa turunan hidrokarbon digolongkan menjadi beberapa golongan, yaitu alkohol, eter, aldehid, keton, asam karboksilat, ester, dan haloalkana.

### 1. Alkohol dan Eter

Alkohol dan eter memiliki rumus umum yang sama, yaitu  $C_nH_{2n+2}O$ . Alkohol dan eter merupakan isomer fungsi, yaitu senyawa yang rumus molekulnya sama, tetapi gugus fungsi berbeda. Gugus fungsi alkohol adalah (-OH), sedangkan gugus fungsi eter adalah (-O-).

#### a. Alkohol

Kata alkohol berasal dari bahasa Arab, al khul. Alkohol yang dikenal merupakan golongan senyawa karbon yang mengandung gugus fungsi -OH (hidroksi) dengan rumus umum  $C_nH_{2n+1}OH$

**Contoh:**  $CH_3OH$  (methanol),  $C_2H_5OH$  (etanol),  $C_3H_7OH$  (propanol)

#### 1) Jenis-Jenis Alkohol

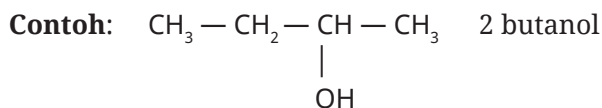
Berdasarkan letak gugus -OH, alkohol dibedakan menjadi:

- alkohol primer: alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C primer
- alkohol sekunder: alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C sekunder
- alkohol tersier: alkohol yang gugus -OH-nya terikat pada atom C tersier

#### 2) Tata Nama Alkohol

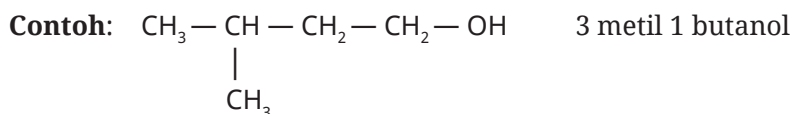
a) Alkohol tidak bercabang

- Memberi nomor pada rantai utama (atom C yang mengikat -OH diberi nomor serendah mungkin).
- Nama alkohol seperti nama alkana, akhiran ana diganti anol.



b) Alkohol yang bercabang

Seperti pada alkohol rantai lurus dengan urutan penyebutan: nomor cabang, nama cabang, nomor letak -OH kemudian nama alkanol rantai utama (rantai terpanjang yang mengandung gugus -OH).







## Polialkohol

Polialkohol adalah alkanol yang memiliki lebih dari satu gugus – OH.

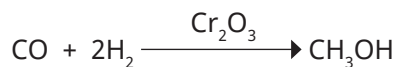
### Contoh:

- Glikol  $\begin{array}{ccc} \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 \\ | & & | \\ \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$  (1, 2 etanadiol)
- Gliserol  $\begin{array}{ccc} \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 \\ | & & | & & | \\ \text{OH} & & \text{OH} & & \text{OH} \end{array}$  (1, 2, 3 propanatriol)

## 5) Pembuatan Alkohol

### a) Metanol (CH<sub>3</sub>OH)

Metanol dibuat dengan cara hidrogenasi gas CO pada suhu 400°C dan tekanan 200 atm dengan katalisator Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau ZnO.



### b) Etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)

Dalam bidang industri, etanol dibuat dengan fermentasi tetes tebu, yaitu cairan gula yang tidak mengkristal/menghablur menjadi gula.

### c) Glikol (CH<sub>2</sub>OH CH<sub>2</sub>OH)

Glikol dibuat dengan cara mengoksidasi etana dengan oksigen kemudian dilanjutkan hidrolis. Reaksi dilakukan pada suhu 250°C dengan katalisator serbuk perak.

### d) Gliserol (CH<sub>2</sub>OH – CH OH CH<sub>2</sub>OH)

Gliserol diperoleh dari hasil samping pada pembuatan sabun.

## 6) Kegunaan Alkohol dan Dampak Alkohol

### a) Metanol

- (1) Metanol digunakan untuk membuat metanal sebagai bahan plastik.
- (2) Metanol digunakan untuk pelarut dan bahan pembuat ester, serta bahan bakar alternatif.

Selain kegunaan metanol, terdapat dampak penggunaan metanol, yaitu sangat beracun. Keracunan metanol dapat melalui pernapasan (menghirup uapnya) dan dapat melalui kulit.

## b) Etanol

Etanol digunakan sebagai pelarut, disinfektan, bahan pembuatan ester, dan sebagai bahan bakar (di Brasil telah banyak kendaraan menggunakan bahan bakar etanol).

## c) Glikol

Di negara atau daerah bermusim dingin, glikol digunakan untuk zat antibeku pada radiator mobil. Glikol juga digunakan sebagai bahan baku dalam industri serat sintesis dan pelarut.

## d) Gliserol

Gliserol digunakan untuk pelarut obat-obatan dan bahan pembuatan gliserol trinitrat, yaitu suatu bahan peledak.

## b. Eter/Alkoksi Alkana

Kata eter berasal dari bahasa Arab *attar* yang berarti bau menusuk karena uap eter berbau menusuk dan dapat membius. Eter merupakan isomer fungsi dari alkohol sehingga memiliki rumus molekul yang sama, yaitu  $C_nH_{2n+2}O$ . Rumus umumnya adalah  $R - O - R$ .

### 1) Tata Nama Eter

Pemberian nama eter ada dua cara, yaitu:

#### a) Sebagai eter

Dengan menyebutkan nama alkil-alkilnya kemudian diikuti kata eter.

**Contoh:**  $CH_3 - CH_2 - O - CH_3$  metil etil eter

#### b) Sebagai alkoksi alkana (sesuai IUPAC)

Dengan menyebutkan nama alkoksinya (dari alkil yang lebih kecil) diawali nomor letak alkoksi kemudian nama alkananya (alkil yang lebih besar).

**Contoh:**  $CH_3 - CH_2 - O - CH_3$  metoksi etana

### 2) Isomer Eter

Isomer eter selain isomer posisi sesama eter, juga berisomer fungsi dengan alkohol.

### 3) Sifat-Sifat Eter

a) Eter berupa zat cair, sulit larut dalam air, berbau harum, mudah menguap dan uapnya mudah terbakar.



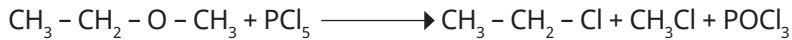
Gambar 6.11 Radiator *coolant* mengandung etilen glikol.

Sumber: Chemistry: The Central Science, (2000)



b) Titik didihnya lebih rendah dari alkohol (karena alkohol memiliki ikatan hidrogen).

c) Tidak bereaksi dengan  $\text{PCl}_5$  bila dipanaskan, tetapi tidak melepaskan HCl.



d) Dapat terurai oleh HI (dengan pemanasan HI berlebih).



#### 4) Kegunaan Eter

a) Sebagai pelarut zat organik.

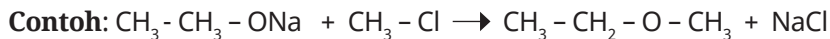
b) Sebagai obat bius dan disinfektan (tetapi sekarang tidak digunakan lagi sebagai obat bius).

c) MTBE (metil tersier butil eter) ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan bilangan oktan.

#### 5) Pembuatan eter

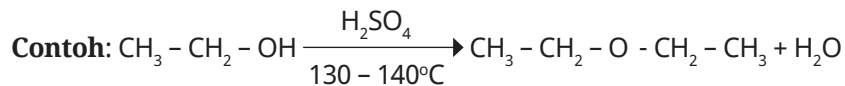
a) Dengan sintesis Williamson

Secara umum:  $\text{R} - \text{ONa} + \text{RX} \rightarrow \text{R} - \text{OR} + \text{NaX}$



Natrium etanoat    metil klorida    etil metil eter

b) Dengan dehidrasi alkohol pada suhu  $130^\circ - 140^\circ\text{C}$  menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat.



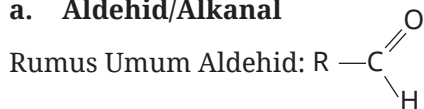
Etanol

dietil eter

## 2. Aldehid dan Keton

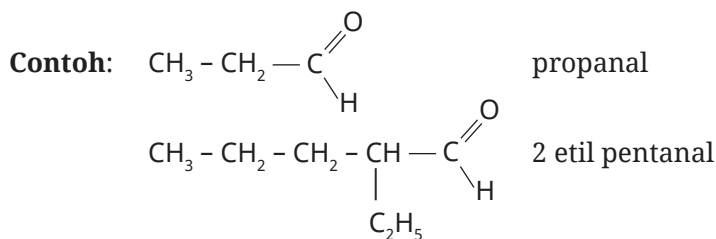
Aldehid dan keton berisomer fungsi dengan rumus empiris  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ .

### a. Aldehid/Alkanal



#### 1) Tata Nama Alkanal

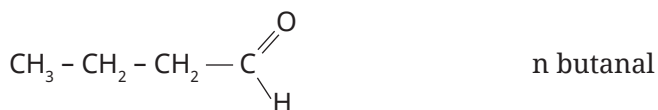
- Rantai C terpanjang yang merupakan nama alkanalnya harus mengandung atom C gugus aldehid.
- Penomoran rantai terpanjang selalu dimulai dari atom C gugus aldehid.



## 2) Isomer Aldehid

Isomer Alkanal disebabkan oleh adanya cabang dan letak cabang

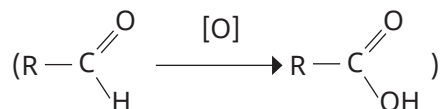
Contoh: isomer butanal ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ )



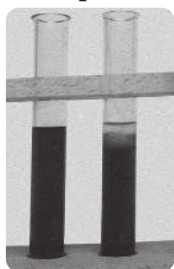
Selain itu alkanal juga berisomer dengan alkanon, yang akan dibahas kemudian.

## 3) Sifat-Sifat Aldehid

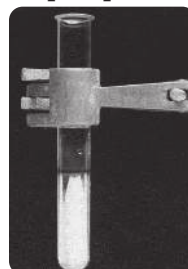
- Dari jumlah atom C 1 sampai dengan 5 larut dalam air.
- Bila direduksi ( $+\text{H}_2$ ) menghasilkan alkohol primer.
- Dapat mengadisi HCN.
- Bila dioksidasi menghasilkan asam karboksilat.



- Dapat mereduksi larutan fehling membentuk endapan merah dan mereduksi pereaksi Tollens membentuk endapan perak (Ag).



Gambar 6.12 Endapan merah bata  $\text{CuO}$  ketika aldehid diuji terbentuk ketika aldehid diuji dengan pereaksi Fehling.



Gambar 6.13 Cermin perak terbentuk dengan pereaksi Tollens.

Sumber: Chemistry/Ann and Patrick Fullick (2000)

#### 4) Pembuatan Aldehid

Aldehid di laboratorium dapat dibuat dengan oksidasi lemah alkohol primer.

Secara komersial, formaldehida dibuat dengan mereaksikan uap alkohol (metanol) dengan katalis tembaga yang dipanaskan.

#### 5) Kegunaan Aldehid

- Larutan 40% formaldehid (metanal) dalam air disebut formalin, digunakan untuk mengawetkan benda-benda anatomi.
- Formaldehid untuk membuat plastik dan insektisida (DDT).
- Formaldehid untuk membuat lem kayu.

#### b. Alkanon/Keton

Alkanon merupakan senyawa karbon dengan gugus fungsional

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ -\text{C}- \end{array}$  yang merupakan isomer fungsi dari aldehid.

Rumus umum alkanon:  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{R}-\text{C} \\ | \\ \text{R} \end{array}$

#### 1) Tata Nama Alkanon

- Sistem IUPAC, seperti pada alkana, hanya akhiran ana diganti anon.

**Contoh:**  $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$  propanon

- Sistem trivial (sebagai keton)

Dengan menyebutkan alkil-alkil yang mengapit gugus sesuai urutan abjad dan diakhiri dengan keton.

**Contoh:**

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3-\text{C} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$  Dimetil keton

$\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$  Etil metil keton

## 2) Isomer Alkanon

Isomer alkanon disebabkan oleh cabang, letak gugus fungsional, dan isomer fungsional dengan aldehyd. Contoh: isomer  $C_4H_8O$

Sebagai Aldehyd	Sebagai Alkanon
$CH_3 - CH_2 - CH_2 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$ , n butanal	$\overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - CH_2 - CH_2 - CH_3$ Butanon/etil metil keton
$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{ }}{CH} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - H$ , 2 metil propanal	

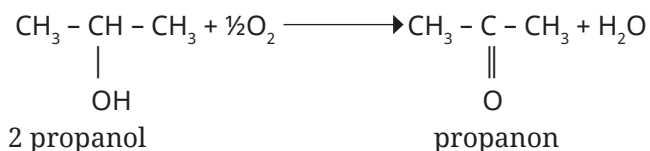
## 3) Sifat-Sifat Alkanon

- Dari C1 sampai dengan 5 berupa zat cair tidak berwarna dan larut dalam air.
- Dapat direduksi (direaksikan dengan  $H_2$ ) menjadi alkohol sekunder.
- Dapat mengadisi HCN.
- Tidak dapat mereduksi larutan fehling dan tollens (sehingga dapat untuk membedakan aldehyd dan alkanon).

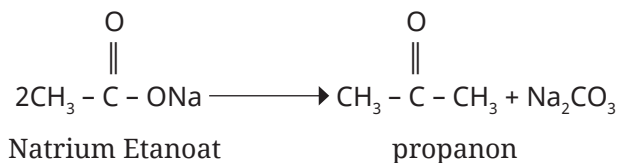
## 4) Pembuatan alkanon

Alkanon dapat dibuat dengan cara:

a) mengoksidasi alkohol sekunder



b) distilasi kering garam alkali/alkali tanah karboksilat



## 5) Kegunaan Alkanon

Sebagai pelarut dan bahan pembuatan zat organik lain, misalnya kloroform (obat bius) dan iodoform.



## Aktivitas 6.4

### Membedakan Aldehid dan Keton

#### Alat dan Bahan:

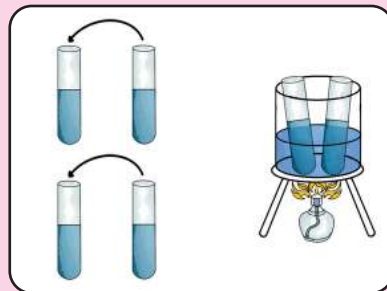
- Tabung reaksi, penangas air penangas air (panci yang diisi air), pemanas spiritus, kaki tiga, dan kasa gelas piala.
- Larutan Fehling A dan Fehling B
- Propanal
- Propanon

#### Keselamatan Kerja: \_\_\_\_\_

- Kenakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan.
- Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah dan menggunakan bahan kimia.

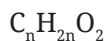
#### Langkah Kerja:

- Sediakan penangas air panas.
- Buatlah larutan fehling dengan mencampurkan 10 ml larutan fehling A dan 10 ml fehling B.
- Ambillah masing-masing 5 ml larutan fehling dalam 2 tabung reaksi.
- Tambahkan 5 ml propanal ke dalam tabung 1 yang berisi fehling dan kocoklah.
- Tambahkan pula 5 ml propanon ke dalam tabung II yang berisi fehling dan kocoklah.
- Masukkan kedua tabung reaksi itu ke dalam penangas air panas dan perhatikan perubahan yang terjadi.



### c. Asam Karboksilat dan Ester

Asam karboksilat dan ester merupakan isomer berfungsi dengan rumus molekul

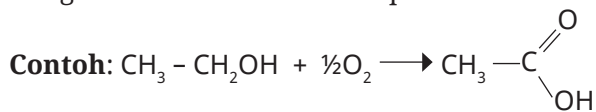


Asam karboksilat merupakan senyawa turunan alkana dengan gugus fungsi.



d) Pembuatan asam karboksilat

- Dengan oksidasi kuat alkohol primer

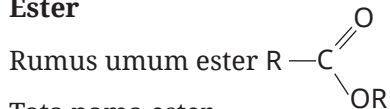


- Dengan mereaksikan gas  $\text{CO}_2$  dengan pereaksi grignard ( $\text{R} - \text{MgX}$ ).
- Dengan sintesis nitrit.

e) Kegunaan asam karboksilat

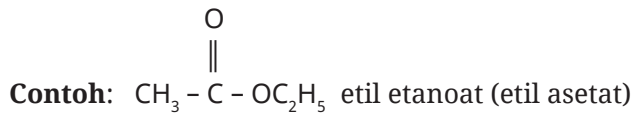
- Asam formiat untuk menggumpalkan lateks, menyamak kulit, membuat plastik dan untuk industri tekstil.
- Asam asetat untuk bahan pembuatan makanan sebagai pengasam, untuk menahan warna agar tidak luntur.
- Asam stearat untuk membuat lilin.

2) Ester



a) Tata nama ester

Menurut sistem IUPAC, ester diberi nama dengan menyebutkan gugus alkilnya, kemudian diikuti nama alkanoatnya.



b) Isomer ester

Isomer ester disebabkan oleh gugus alkil dan gugusan alkanoatnya. Selain itu, ester berisomer fungsi dengan asam karboksilat.

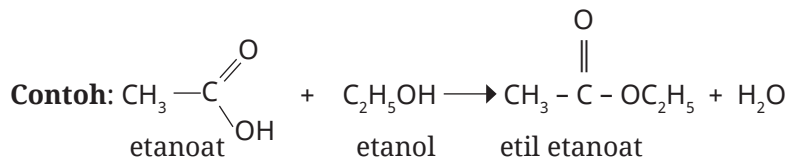
**Contoh:** isomer =  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$

Sebagai Asam Karboksilat	Sebagai Eter
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$ Butanoat	$\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OC}_2\text{H}_5$ Etil etanoat
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OH}$ 2 metil propanoat	$\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{OCH}_3$ Metil propanoat



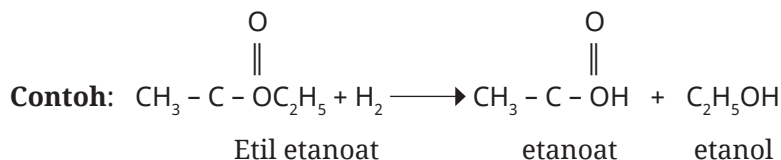
c) Pembuatan ester

Ester dibuat dengan reaksi esterifikasi, yaitu dengan mereaksikan asam karboksilat dengan alkohol.



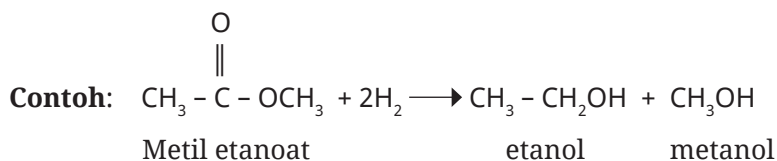
d) Sifat-sifat ester

- Bersifat netral, tidak bereaksi dengan Na dan  $\text{PCl}_3$ .
- Ester beratom C rendah beraroma buah-buahan, ester beratom C tinggi berupa minyak dan lemak yang tidak larut dalam air.
- Ester dapat terhidrolisis menjadi asam karboksilat dan alkohol.



- Hidrolis ester suku tinggi dengan NaOH atau KOH menghasilkan sabun dan gliserol (reaksi penyabunan).

e) Ester dapat mengalami reduksi menjadi alkohol



f) Reduksi terhadap ester tak jenuh suhu tinggi (minyak atau lemak cair) menghasilkan mentega.

g) Kegunaan ester

- Sebagai esens buatan, misalnya:

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  : etil asetat berbau pisang selai

$\text{CH}_3\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  : amil asetat berbau buah nanas, juga sebagai pelarut damar

$\text{CH}_3\text{COOC}_8\text{H}_{17}$  : oktil asetat berbau buah stroberi  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_2\text{H}_5$  : etil butirrat berbau buah stroberi

$\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_5\text{H}_{11}$  : amil valerat berbau buah apel



Gambar 6.14 Pisang mengandung ester etil asetat.

Sumber: TimothyPilgrim/en.wikipedia, CC BY-SA 3.0 (2004)

- Sebagai bahan pembuatan kain (poliester).
- Sebagai bahan pembuatan sabun (untuk ester suku tinggi).



### Aktivitas 6.5

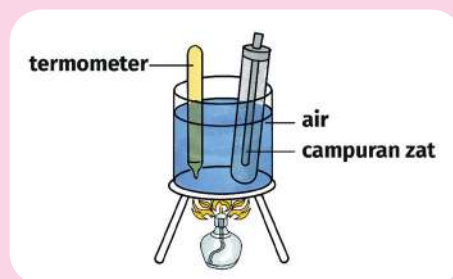
#### Pembuatan Ester

##### Alat:

- Tabung reaksi berlengan
- Tabung reaksi
- Gelas ukur
- Pipet tetes
- Sendok plastik
- Kaki tiga dan kasa

##### Bahan:

- Etanol
- Metanol
- Alat pembakar
- Asam salisilat
- Sumbat gabus
- Asam sulfat
- Termometer
- Asam asetat



##### Keselamatan Kerja:



Kenakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan.

Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah dan menggunakan bahan yang mungkin berbahaya kimia.

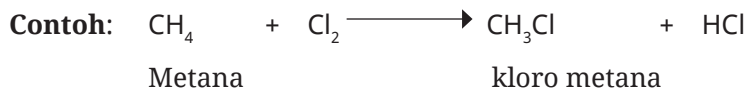
### Langkah Kerja:

1. Panaskan air  $\pm$  100 ml dalam gelas kimia sampai  $70^{\circ}\text{C}$ !
2. Sementara air dipanaskan:
  - a. masukkan 3 ml etanol, 3 ml asam asetat pekat dan 20 tetes asam sulfat pekat ke dalam tabung berlengan, seperti pada gambar, ciumlah bau campuran ini;
  - b. masukkan tabung reaksi kecil ke dalam lubang gabus dan sumbatlah tabung berlengan dengan gabus tersebut; dan
  - c. isilah tabung reaksi kecil itu dengan air yang telah dipanaskan sampai  $\pm$  10 menit (jangan sampai melebihi  $80^{\circ}\text{C}$ ). Bandingkan bau zat yang terjadi dengan zat asal!
3. Ulangi langkah kerja di atas dengan menambahkan air yang telah dipanaskan dengan 1 sendok teh asam salisilat dan 20 tetes asam sulfat pekat! (Lakukan di dalam lemari asam)

**Laporan:** Buatlah laporan hasil percobaan untuk dipresentasikan di depan kelas.

### d. Haloalkana

Senyawa haloalkana dapat berasal dari alkana dimana satu atau lebih atom hidrogen pada alkana diganti dengan halogen.

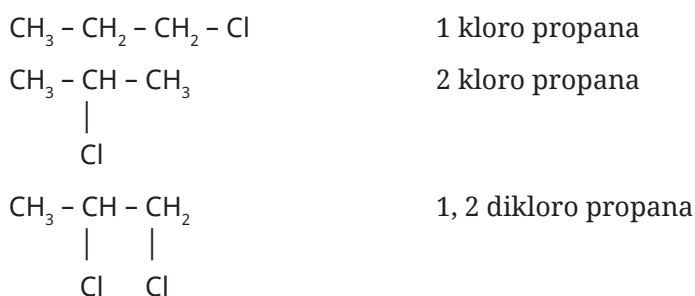


Rumus umum haloalkana adalah R – X dengan R adalah alkil ( $\text{R} = \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ ) dan X adalah atom halogen ( $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{atau I}$ ).

#### 1) Tatanama Haloalkana

Haloalkana diberi nama sebagai turunan halida dari alkana dengan cara menyebutkan nomor letak halogen, awalan (di, tri, tetra dan seterusnya) yang menunjukkan jumlah halogen, kemudian diikuti nama alkananya.

#### Contoh:



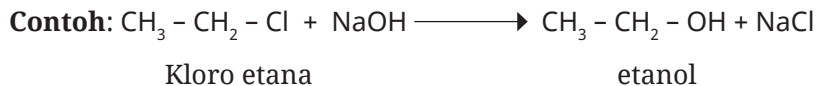
## 2) Isomer Haloalkana

Haloalkana dapat memiliki isomer rantai dan isomer posisi seperti pada alkohol.

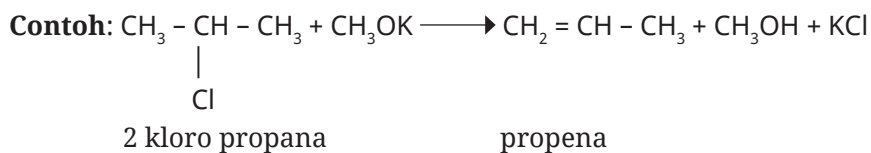
## 3) Sifat-sifat Haloalkana

Beberapa sifat penting dari haloalkana secara umum sebagai berikut.

- Dapat bereaksi dengan basa kuat menghasilkan alkohol.



- Dengan pemanasan bersama alkoksida terjadi eliminasi.



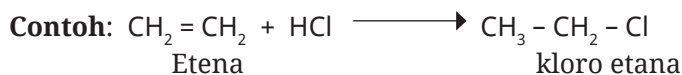
## 4) Pembuatan Haloalkana

Haloalkana dapat dibuat dengan cara:

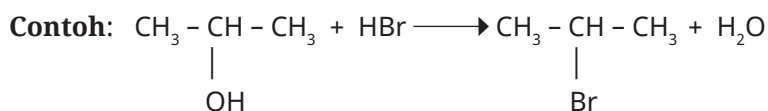
- Reaksi substitusi halogen pada alkana



- Reaksi adisi alkena dengan asam halogenida (HX)



- Substitusi OH pada alkohol dengan HX



## 5) Kegunaan Haloalkana

- a) CFC/Freon ( $\text{CF}_2\text{Cl}_2$  dan  $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$ ) sebagai pendingin dan sebagai gas dorong pada aerosol.
- b) BFC ( $\text{CBr}_2\text{ClF}$ ) untuk pemadam kebakaran, sedangkan  $\text{CCl}_4$  tidak digunakan lagi sebagai pemadam kebakaran karena pada suhu tinggi teroksidasi menjadi  $\text{COCl}_2$  (fosgen) yang beracun,  $\text{CCl}_4$  digunakan sebagai pelarut nonpolar.
- c)  $\text{F}_3\text{C} - \text{CHBrCl}$  (2 Bromo, 2 kloro, 1, 1, 1 trifluoro etana) dikenal dengan halotan untuk obat bius kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), tidak lagi digunakan sebagai pembius karena dapat merusak hati dan beracun.

Penggunaan haloalkana harus berhati-hati, karena selain dapat meracuni, juga dapat mencemari lingkungan.  $\text{CCl}_4$  dapat teroksidasi menjadi  $\text{COCl}_2$  yang beracun,  $\text{CHCl}_3$  dapat membius dan merusak hati serta Freon dapat merusak lapisan ozon.



### Rangkuman

1. Senyawa yang tersusun dari atom hidrogen dan karbon disebut senyawa hidrokarbon.
2. Berdasarkan ikatan yang terdapat pada rantai karbonnya, hidrokarbon dibedakan menjadi hidrokarbon jenuh (alkana) dan hidrokarbon tak jenuh (alkena dan alkuna).
3. Aldehid dapat dibuat dengan mengoksidasi alkohol primer atau dengan destilasi kering campuran natrium karboksilat.
4. Alkanon atau keton dibuat dengan mengoksidasi alkohol sekunder dan destilasi kering garam-garam alkali atau alkali tanah karboksilat.
5. Aseton digunakan sebagai pelarut senyawa-senyawa organik.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Buatlah semua isomer  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  beserta namanya menurut aturan IUPAC!
2. Bagaimana hubungan jumlah atom Karbon yang terkandung dalam alkana dengan titik didih alkana?
3. Tulislah reaksi yang terjadi apabila 3 metil 1 butena direaksikan dengan gas hidrogen dan apakah nama senyawa yang dihasilkan!
4. Senyawa A dan B mempunyai rumus molekul yang sama, yaitu  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . Bila senyawa A direaksikan dengan larutan fehling ternyata menghasilkan endapan merah, sedangkan senyawa B tidak. Senyawa A bila direduksi menghasilkan 1 propanol sedangkan senyawa B menghasilkan 2 propanol. Tentukan struktur dan nama senyawa A dan B!
5. Apakah dampak negatif dari penggunaan senyawa berikut?
  - a. Freon sebagai refrigerant.
  - b. Kloroform sebagai obat bius.
  - c. Karbon tetraklorida sebagai pemadam kebakaran pada suhu tinggi.



### Pengayaan

Senyawa A dan B mempunyai rumus molekul yang sama, yaitu  $C_3H_6O$ . Bila senyawa A direaksikan dengan larutan fehling ternyata menghasilkan endapan merah, sedangkan senyawa B tidak. Senyawa A bila direduksi menghasilkan 1 propanol sedangkan senyawa B menghasilkan 2 propanol. Tentukan struktur dan nama senyawa A dan B!



### Refleksi

Apakah kamu mengalami kesulitan dalam mempelajari materi bab ini? Tanyakan kepada Bapak/Ibu Gurumu apabila ada materi yang belum kamu pahami. Perbanyaklah latihan dan kerjakan kegiatan yang ada dalam bab ini semaksimal mungkin.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Fatma, (2018)

## Bab 7

# Reaksi Kimia, Stoikiometri, dan Larutan Standar

Tahukah kamu nama kimia garam dapur yang digunakan sebagai bumbu masak?





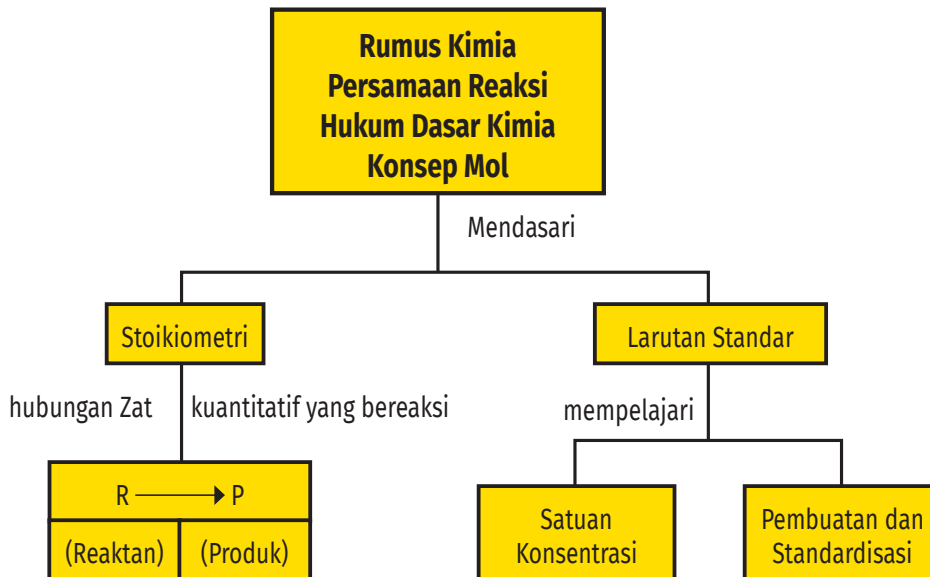
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menuliskan nama senyawa kimia berdasarkan rumus kimianya;
- menyetarakan persamaan reaksi dengan benar;
- menuliskan persamaan reaksi dengan benar;
- menerapkan hukum kekekalan massa, hukum perbandingan tetap, hukum kelipatan perbandingan, dan hukum perbandingan volume dalam perhitungan kimia;
- menerapkan konsep mol dalam perhitungan kimia dalam persamaan reaksi;
- menghitung konsentrasi larutan dalam berbagai satuan; serta
- membuat larutan standar dan melakukan standarisasi.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Tata Nama Senyawa, Senyawa Biner, Senyawa Poliatomik, Senyawa Ion, Senyawa Asam, Senyawa Organik, Persamaan Reaksi, Koefisien Reaksi, Hukum Dasar Kimia, Konsep Mol, Stoikiometri, Larutan Standar, Standardisasi, Indikator



Gambar 7.1 Berkenalan

Saat berkenalan dengan seseorang, apa yang pertama kali kamu tanyakan? Tentu saja nama terlebih dahulu, baru yang lain. Demikian pula sebelum mengenal lebih jauh atau menggunakan bahan kimia, kamu harus mengenal nama bahan tersebut.

Dalam ilmu kimia senyawa-senyawa diberi nama dengan aturan tertentu yang diatur oleh suatu badan yang dikenal dengan *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC).

## A. Tata Nama Senyawa

Dewasa ini senyawa yang dikenal jumlahnya telah mencapai jutaan dan setiap tahun terus bertambah. Bagaimana agar nama-nama kimia senyawa tersebut dapat diberlakukan dan digunakan secara bersama serta konsisten di seluruh dunia? Untuk memberi nama yang berlaku universal, IUPAC membuat aturan tata nama senyawa. Aturan tata nama IUPAC tersebut meliputi cara menuliskan nama dan rumus kimia suatu senyawa, baik organik maupun anorganik.

### 1. Tata Nama Senyawa Anorganik

#### a. Senyawa Biner

Senyawa biner adalah senyawa yang tersusun dari dua macam unsur, misalnya  $\text{CO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NaCl}$ , dan  $\text{CaCl}_2$ .

##### 1) Rumus Senyawa

Penulisan rumus senyawa didasarkan pada urutan keelektronegatifan. Biasanya rumus senyawa biner ditulis dengan lambang untuk unsur yang kurang elektronegatif, kemudian unsur yang lebih elektronegatif.

#### Contoh:

- Rumus kimia air ditulis  $\text{H}_2\text{O}$  (bukan  $\text{OH}_2$ ).

- Senyawa antara O dengan F ditulis  $OF_2$  (bukan  $F_2O$ ).

## 2) Nama Senyawa

Senyawa biner yang tersusun dari unsur-unsur nonlogam diberi nama dengan menyebutkan nama unsur di depan diikuti unsur berikutnya yang diakhiri *ida*. Jumlah atom unsur dinyatakan dengan awalan dalam bahasa Yunani:

Mono = 1, Di = 2, Tri = 3, Tetra = 4, Penta = 5, Heksa = 6, Hepta = 7, Okta = 8, Nona = 9, Deka = 10 (awalan mono tidak digunakan untuk unsur di depan)

**Contoh:**  $PCl_3$  = fosfor triklorida  
 $N_2O_3$  = dinitrogen trioksida  
 $CS_2$  = karbon disulfida

Untuk senyawa-senyawa tertentu yang sudah umum, tidak mengikuti aturan tersebut.

**Contoh:**  $H_2O$  = air  
 $NH_3$  = ammonia

## b. Senyawa Poliatomik

### 1) Rumus Senyawa

Suatu senyawa yang tersusun lebih dari dua jenis atom disebut senyawa poliatomik. Seperti pada senyawa biner, unsur-unsur disusun menurut naiknya keelektronegatifan (dari yang kurang elektronegatif ke yang lebih elektronegatif).

**Contoh:**  $H_2SO_4$ ,  $H_2C_2O_4$ ,  $CaCO_3$

### 2) Nama Senyawa

Nama senyawa poliatomik didasarkan pada nama suatu ion (ion yang mengandung oksigen dan unsur lain). Berdasarkan nama suatu ion-oksi, senyawa poliatomik digolongkan ke dalam kelas *at* dan *it*.

Nama-nama senyawa pada kelas *at* dan *it* diperoleh dengan cara berikut.

Nama ion-oksi menyatakan unsur induknya, yaitu unsur yang bukan oksigen dan biasanya sebagai ion *at*.

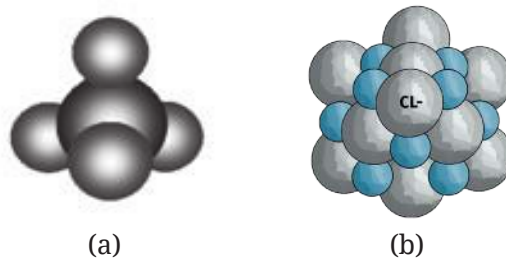
**Contoh:**  $SO_4^{2-}$  = sulfat  
 $NO_3^-$  = nitrat

Anion yang khusus induknya mempunyai dua ion-oksi, maka ion-oksi yang mengandung oksigen lebih banyak adalah kelas *at* dan yang mengandung oksigen lebih sedikit merupakan kelas *it*.

<b>Contoh:</b>	$H_2SO_4$	= hidrogen sulfat (asam sulfat)
	$H_2SO_3$	= hidrogen sulfit (asam sulfit)
	$Ca_3(PO_4)_2$	= kalsium fosfat
	$Ca_3(PO_3)_2$	= kalsium fostit

### c. Nama Senyawa Ion

Senyawa ion tersusun dari ion positif (kation) dan ion negatif (anion). Jumlah kation dan anion dalam senyawa menyesuaikan muatan positif dan negatif sehingga menjadi senyawa netral (jumlah muatan positif = jumlah muatan negatif). Perhatikan Tabel 7.1.



Gambar 7.2 (a) Struktur molekul  $CH_4$  atau senyawa molekuler, (b) Struktur kristal NaCl atau senyawa ion.

### d. Nama Senyawa Asam

Asam adalah senyawa yang dalam air melepaskan ion hidrogen ( $H^+$ ). Dengan kata lain senyawa asam tersusun dari atom hidrogen dan anion sisa asam. Nama atom hidrogen dalam asam dapat diganti dengan kata asam.

#### 1) Asam yang Tidak Mengandung Oksigen

Asam yang tidak mengandung oksigen berarti termasuk senyawa biner sehingga penamaannya juga seperti senyawa biner.

<b>Contoh:</b>	HCl	= hidrogen klorida (asam klorida)
	HBr	= hidrogen bromida (asam bromida)

#### 2) Asam yang Mengandung Oksigen (Asam-Oksi)

Asam yang mengandung oksigen berarti tersusun dari tiga atom dan tergolong senyawa terner. Penamaan asam-oksi didasarkan pada nama ion-oksi, yaitu ion yang mengandung oksigen dan satu unsur lain.

<b>Contoh:</b>	$HNO_3$	= hidrogen nitrat (asam nitrat)
	$HNO_2$	= hidrogen nitrit (asam nitrit)

Senyawa basa dan garam tergolong senyawa ion sehingga penamaannya juga sesuai dengan tata nama senyawa ion.

Basa merupakan senyawa yang dalam air melepaskan ion hidroksida (OH<sup>-</sup>). Dengan demikian, nama basa sesuai dengan nama kation diikuti nama anion hidroksida.

**Contoh:** NaOH = Natrium hidroksida  
 Ba(OH)<sub>2</sub> = Barium hidroksida  
 Cu(OH)<sub>2</sub> = Tembaga (II) hidroksida

Garam merupakan senyawa ion yang tersusun dari kation dari basa dan anion dari asam. Penamaan garam sesuai dengan nama kation dan anion penyusunnya.

**Tabel 7.1 Penamaan Garam Berdasarkan Nama Kation dan Anion Penyusunnya**

Kation	Anion	Rumus Garam	Nama Garam
Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NaCl	Natrium klorida
Al <sup>3+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Aluminium nitrat
K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kalium sulfat
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> Cl	Amonium klorida
Pb <sup>2+</sup>	S <sup>2-</sup>	PbS	Timbal (II) sulfida

## 2. Nama Senyawa Organik

Senyawa organik memiliki aturan tata nama khusus yang telah kamu pelajari pada bab sebelumnya. Masih ingatkah kamu cara memberi nama alkana, alkena, alkuna, alkohol, alkanal, dan lain-lain? Selain nama sistematis, senyawa organik memiliki nama lazim/nama trivial.

**Contoh:** C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> = glukosa  
 C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> = sukrosa  
 CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> = urea  
 CH<sub>4</sub> = metana



### Aktivitas 7.1

Bentuklah kelompok yang terdiri atas 5 peserta didik, kemudian lakukan pendataan terhadap bahan kimia di laboratorium kimia sekolah kalian. Buatlah tabel pendataan yang terdiri atas nomor, rumus kimia, nama, organik/anorganik!

## B. Persamaan Reaksi

Pernahkah kamu mengamati logam besi berkarat? Bagaimana keadaan logam besi tersebut? Bila logam besi dibiarkan di udara terbuka, lama-kelamaan logam besi itu berkarat. Hal ini berarti logam besi mengalami reaksi kimia dengan oksigen yang terkandung di udara dan menjadi karat besi. Perubahan yang terjadi pada reaksi kimia tersebut dapat dipaparkan dengan menggunakan rumus kimia zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Zat-zat yang mengalami perubahan disebut pereaksi (reaktan) dan zat-zat hasil perubahan disebut hasil reaksi (produk).

Pada contoh tersebut besi dan oksigen merupakan zat pereaksi dan karat besi merupakan zat hasil reaksi. Cara pemaparan ini disebut **persamaan reaksi**, yaitu persamaan yang menggambarkan rumus kimia zat-zat pereaksi dan zat-zat hasil reaksi yang dihubungkan tanda panah beserta koefisien. Secara umum dapat digambarkan sebagai berikut.



**Contoh:** Logam magnesium direaksikan dengan larutan asam klorida menghasilkan larutan magnesium klorida dan gas hidrogen.

Persamaan reaksinya dituliskan sebagai berikut.



Jumlah atom H ruas kiri 1, sedangkan ruas kanan 2, maka HCl harus dikalikan 2.

**Langkah 2:** disetarakan menjadi:



Untuk menyetarakan persamaan reaksi, kita boleh mengubah jumlah rumus kimia zat, tetapi tidak boleh mengubah rumus kimianya. Jumlah rumus kimia suatu zat adalah koefisien reaksi zat tersebut. Untuk reaksi yang agak rumit, disetarakan dengan cara pemisalan, kemudian dibuat persamaan matematika dan diselesaikan dengan cara substitusi.

Misalnya untuk menyetarakan reaksi, silakan dicoba!



## C. Hukum Dasar Kimia

### 1. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

Pernahkan kamu memperhatikan bagaimana massa kayu sebelum dan sesudah dibakar? Apakah ada penambahan atau pengurangan massa pada reaksi pembakaran tersebut? Seorang ahli kimia bangsa Prancis, Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) telah melakukan serangkaian percobaan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Dari percobaan tersebut Lavoisier membuat kesimpulan bahwa:

*“Massa total zat-zat sebelum reaksi akan sama dengan massa total zat-zat setelah reaksi”*



Gambar 7.3 Antoine Laurent Lavoisier

Sumber: Arthur L. Donovan/ britannica.com (2023)

Untuk membuktikan berlakunya hukum kekekalan massa, lakukan kegiatan berikut.



#### Aktivitas 7.2

#### Mempelajari Massa Zat Sebelum Reaksi dan Sesudah Reaksi

##### Alat dan Bahan:

1. Tabung berbentuk Y
2. Sumbat
3. Neraca
4. Larutan timbal (II) nitrat
5. Kalium Iodida

##### Keselamatan Kerja:



Alat-alat yang digunakan mudah pecah dan pecahannya tajam. Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, sarung tangan, dan kacamata pelindung (*goggle*). Bekerjalah hati-hati mengikuti petunjuk guru.

##### Langkah Kerja:

1. Isilah satu kaki tabung Y dengan larutan timbal (II) nitrat pada kaki yang lain dengan kalium iodida.
2. Tutuplah dengan sumbat, lalu timbanglah dan catat massanya.
3. Miringkan sehingga larutan bercampur (bereaksi).
4. Timbanglah setelah reaksi berlangsung, catat massanya.

## 2. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

Pada tahun 1799 seorang ilmuwan Prancis yang bernama Joseph Louis Proust (1754–1826) meneliti pembentukan beberapa senyawa, di antaranya adalah pembentukan air. Proust memublikasikan hasil penelitiannya tentang pembentukan air sebagai berikut.

Berdasarkan percobaannya dapat diambil kesimpulan bahwa perbandingan massa hidrogen dan oksigen dalam air selalu tetap 1 : 8. Kemudian ia menyusun hukum perbandingan tetap sebagai berikut.



Gambar 7.4 Joseph Louis Proust  
Sumber: Wellcome Library/Wikimedia Commons  
CC.BY.4.0 (2014)

*"Perbandingan massa unsur-unsur yang menyusun suatu senyawa selalu tetap"*

### Contoh Soal:

Pada pembakaran logam magnesium dengan oksigen menghasilkan senyawa magnesium oksida diperoleh data sebagai berikut.

Massa Zat-Zat Sebelum Reaksi		Massa Zat-Zat Setelah Reaksi	
Magnesium	Oksigen	Magnesium oksida	Unsur yang Tersisa
12 gram	8 gram	20 gram	-
15 gram	8 gram	20 gram	3 gram magnesium
24 gram	20 gram	40 gram	4 gram oksigen
36 gram	24 gram	60 gram	-

Berapakah perbandingan massa magnesium : massa oksigen dalam magnesium oksida?

### Jawaban:

Dari data pertama perbandingan massa magnesium : massa oksigen = 12 : 8 = 3 : 2

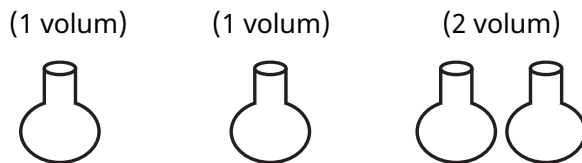
## 3. Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac)

Sebelum Joseph Louis Gay Lussac (1778–1850) melakukan serangkaian percobaan, seorang ahli kimia Inggris, Henry Cavendish (1731–1810) menemukan fakta bahwa pada suhu dan tekanan yang sama (tetap) perbandingan volume gas hidrogen dengan volume gas oksigen dalam membentuk air adalah 2 : 1.



Kemudian pada tahun 1809 Gay Lussac tertarik pada penemuan tersebut dan melakukan percobaan beberapa gas dengan mereaksikan gas hidrogen dan gas oksigen.

Gas hidrogen + gas klorin  $\longrightarrow$  gas hidrogen klorida



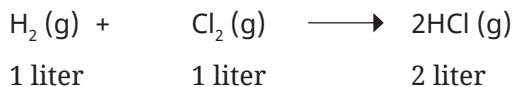
Gambar 7.5 Joseph Louis Gay Lussac

Sumber: Edgar Fahs Smith Collection/sciencehistory.org (2017)

Berdasarkan hasil percobaannya, Gay Lussac membuat kesimpulan yang kemudian dikenal dengan hukum perbandingan volume sebagai berikut.

*"Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana"*

Percobaan-percobaan Gay Lussac di atas dapat kita gambarkan dengan persamaan reaksi sebagai berikut.



Perhatikan bilangan bulat dan sederhana pada reaksi-reaksi di atas ternyata sama dengan koefisien tiap-tiap gas dalam persamaan reaksi. Dengan kata lain perbandingan volume gas-gas sama dengan koefisien tiap-tiap gas.

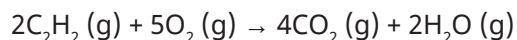
$$\frac{\text{koefisien } x}{\text{koefisien } y} = \frac{\text{Volume } x}{\text{Volume } y}$$

### Contoh soal:

Empat liter gas etana  $\text{C}_2\text{H}_6$  dibakar sempurna dengan gas oksigen, menghasilkan gas  $\text{CO}_2$  dan uap air. Hitunglah:

- Volume gas oksigen yang diperlukan.
- Volume gas  $\text{CO}_2$  yang terbentuk.

**Jawaban:**



$$\begin{aligned} \text{a. } V_{\text{O}_2} &= \frac{\text{Koefisien O}_2}{\text{Koefisien C}_2\text{H}_2} \times V_{\text{C}_2\text{H}_2} \\ &= \frac{5}{2} \times 4 \text{ liter} \\ &= 10 \text{ liter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } V_{\text{CO}_2} &= \frac{\text{Koefisien CO}_2}{\text{Koefisien C}_2\text{H}_2} \times \text{Volume C}_2\text{H}_2 \\ &= \frac{4}{2} \times 4 \\ &= 8 \text{ liter} \end{aligned}$$

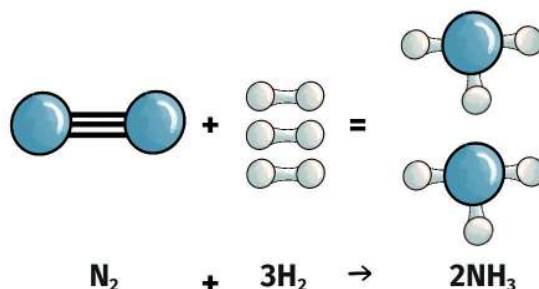
#### 4. Hipotesis Avogadro

Fakta percobaan dari Gay-Lussac menyatakan 2 volume gas hidrogen bereaksi dengan 1 volume gas oksigen membentuk 2 volume uap air dan yang lainnya. Bila dihubungkan dengan konsep atom Dalton tidak sesuai, karena Dalton menganggap bahwa atom merupakan partikel terkecil dari suatu zat. Gay-Lussac dan Dalton tidak dapat menjelaskan ketidaksesuaian tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, pada tahun 1811 Amadeo Avogadro (1776–1856) mengemukakan pendapatnya bahwa partikel unsur dapat berupa atom dan gabungan atom yang disebut molekul unsur.



Gambar 7.6 Ilustrasi Amadeo Avogadro

Setiap partikel gas nitrogen dan hidrogen tersusun dari dua atom yang disebut molekul diatomik. Dengan demikian teori atom Dalton dan fakta percobaan Gay-Lussac tidak bertentangan. Dari pendapat Avogadro ini, reaksi antara nitrogen dan hidrogen menghasilkan amonia dapat kita gambarkan sebagai berikut.



Kemudian Avogadro mengajukan hipotesis yang dapat menjelaskan hukum perbandingan volume sebagai berikut.

*“Pada suhu dan tekanan yang sama semua gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama”*

Dari hipotesis Avogadro dan hukum perbandingan volume dapat disimpulkan bahwa *perbandingan volume gas = perbandingan jumlah molekul = perbandingan koefisien* atau dirumuskan:

$$\frac{\text{Volume gas } x}{\text{Volume gas } y} = \frac{\text{Jumlah molekul gas } x}{\text{Jumlah molekul gas } y}$$

### Contoh Soal:

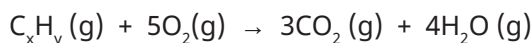
Sebanyak 3 liter gas hidrokarbon  $C_xH_y$  dibakar sempurna dengan 15 liter gas oksigen menghasilkan 9 liter gas  $CO_2$  dan sejumlah uap air. Tentukan rumus hidrokarbon tersebut!

### Jawaban:



Perbandingan volume gas = perbandingan jumlah molekul = perbandingan koefisien.

$$C_xH_y : O_2 : CO_2 = 3 : 15 : 9 = 1 : 5 : 3$$



Syarat reaksi setara, jumlah atom ruas kiri = jumlah atom ruas kanan

- atom C = x = 3
- atom H = y = 8

Jadi rumus hidrokarbon  $C_xH_y$  adalah  $C_3H_8$ .

## D. Konsep Mol

Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat kita sering menggunakan satuan lusin untuk menyebutkan benda yang jumlahnya kelipatan 12. Apakah sebenarnya tujuan penggunaan satuan lusin tersebut? Dalam ilmu kimia digunakan satuan jumlah zat yang disebut mol. Sebagai standar mol digunakan isotop karbon -12 yang massanya 12 gram. Jumlah atom karbon yang terdapat dalam 12 gram C-12 ditetapkan berdasar pengukuran adalah  $6,02 \times 10^{23}$ . Bilangan  $6,02 \times 10^{23}$  ini disebut bilangan Avogadro dan diberi lambang L. Dengan demikian, satu mol suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya zat itu yang mengandung L partikel (atom,

molekul, ion).

$$1 \text{ mol} = 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel}$$

## 1. Hubungan Mol dengan Jumlah Partikel

Bila 1 mol besi mengandung  $6,02 \times 10^{23}$  atom besi, berapa jumlah atom yang terkandung dalam 2 mol besi? Tentu dengan mudah kamu dapat menjawabnya, yaitu  $1,204 \times 10^{24}$  atom besi. Angka tersebut diperoleh dari hubungan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah partikel} = \text{mol} \times L \text{ atau } \text{mol} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{L}$$

### Contoh Soal:

Hitunglah jumlah partikel (atom atau molekul) yang terkandung dalam:

- 0,5 mol Mg
- 0,1 mol H<sub>2</sub>O

### Jawaban:

$$\begin{aligned} \text{a. Jumlah atom Mg} &= \text{mol} \times L \\ &= 0,5 \times 6,02 \times 10^{23} \\ &= 3,01 \times 10^{23} \text{ atom} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Jumlah molekul H}_2\text{O} &= \text{mol} \times L \\ &= 0,1 \times 6,02 \times 10^{23} \\ &= 6,02 \times 10^{22} \text{ molekul} \end{aligned}$$

## 2. Massa Molar

Pernahkah kamu menghitung massa  $6,02 \times 10^{23}$  atom besi? Bagaimana caranya? Hubungan massa dengan jumlah partikel dinyatakan dalam massa molar, yaitu massa zat yang mengandung  $6,02 \times 10^{23}$  partikel zat itu. Dengan kata lain massa molar adalah massa dari 1 mol suatu zat.

Berdasar standar mol, massa dari  $6,02 \times 10^{23}$  atom C-12 adalah 12 gram, maka dapat diperoleh hubungan antara massa molar dan massa atom relatif. Dari persamaan massa atom relatif ( $A_r$ ) berikut:

$$A_r X = \frac{\text{Massa 1 atom x}}{\frac{1}{12} \times \text{Massa rata-rata 1 atom C} - 12}$$

Dapat dihitung massa 1 atom zat atau massa 1 molekul suatu zat yang dapat digunakan untuk menghitung massa 1 mol suatu zat. Massa molar suatu zat

sama dengan Ar atau Mr zat itu yang dinyatakan dalam gram, sehingga dapat dirumuskan:

$$\text{Massa} = \text{mol} \times \text{Ar} \text{ atau } \text{mol} = \frac{\text{Massa}}{\text{Ar}} \text{ atau } \text{Ar} = \frac{\text{Massa}}{\text{mol}}$$

Untuk zat yang partikelnya atom digunakan Ar dan untuk zat yang partikelnya gabungan atom (molekul) digunakan Mr.

**Contoh Soal:**

Berapa gram massa dari zat berikut?

- a. 0,5 mol besi (Ar Fe = 56)
- b.  $1,204 \times 10^{24}$  molekul O<sub>2</sub> (Ar O = 16)

**Jawaban:**

- a. Massa = mol  $\times$  Ar = 0,5  $\times$  56 = 28 gram
- b.  $\text{mol O}_2 = \frac{\text{Jumlah partikel}}{L} = \frac{1,204 \times 10^{24}}{6,02 \times 10^{23}} = 2 \text{ mol}$   
Massa = mol  $\times$  Mr  
= 2  $\times$  32  
= 64 gram

### 3. Volume Molar

Volume molar yang diukur pada keadaan standar, yaitu pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm disebut volume molar standar. Keadaan standar gas ini selanjutnya disingkat dengan STP (*Standard Temperature and Pressure*). Volume molar gas pada keadaan standar ditentukan dengan percobaan, yaitu menimbang sejumlah volume gas tertentu dalam tabung kosong pada suhu 0°C dan tekanan gas 1 atm.

Dari percobaan terhadap beberapa macam gas dapat disimpulkan bahwa volume molar pada keadaan standar (0°C, 1 atm) adalah 22,4 liter. Dengan demikian diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\text{Volume gas (STP)} = \text{mol} \times 22,4 \text{ liter}$$
$$\text{atau mol} = \frac{\text{Volume gas (STP)}}{22,4}$$

**Contoh Soal:**

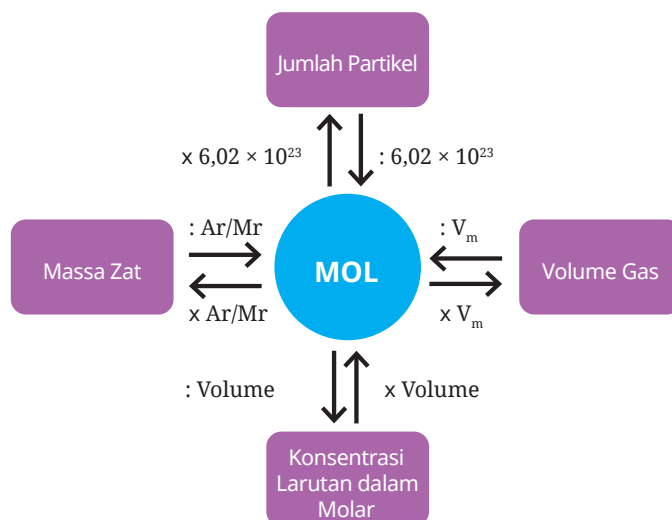
Hitunglah volume gas-gas berikut bila diukur pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm.

- a. 0,2 mol gas CH<sub>4</sub>
- b. 8,5 gram gas NH<sub>3</sub>. (Ar I N = 14; H = 1)

**Jawaban:**

- a. Volume (STP) = mol  $\times$  22,4 liter  
= 0,2  $\times$  22,4 liter  
= 4,48 liter
- b. Mol NH<sub>3</sub> =  $\frac{\text{massa}}{\text{Mr NH}_3} = \frac{8,5}{17} = 0,5 \text{ mol.}$
- c. Volume (STP) = mol  $\times$  22,4 liter  
= 0,5  $\times$  22,4 liter  
= 11,2 liter.

Hubungan jumlah partikel, mol, massa, dan volume gas dapat digambarkan dalam diagram berikut.



#### 4. Volume Gas pada Suhu dan Tekanan Tertentu

Volume gas pada suhu dan tekanan tertentu dapat dihitung dengan persamaan gas ideal.

$$PV = nRT$$

dengan	P	= tekanan gas (atm)
	V	= volume gas (liter)
	n	= jumlah mol gas
	R	= tetapan gas = 0,082 (L atm mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
	T	= suhu mutlak gas (K)
	t°C	= (t + 273) K

**Contoh Soal:**

Berapa liter volume dari 15 gram gas NO (Ar N = 14; O = 16) bila diukur pada suhu 27°C dan tekanan 1 atm?

**Jawaban:**

$$\text{mol} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{15}{30} = 0,5 \text{ mol}$$

$$PV = n RT$$

$$1 \cdot V = 0,5 \cdot 0,082 \cdot 300$$

$$V = 12,3 \text{ liter}$$

**5. Volume Gas pada Keadaan yang Sama dengan Gas Lain**

Hukum Avogadro menyatakan “pada suhu dan tekanan yang sama gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama”. Hal ini berarti pada suhu dan tekanan yang sama gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah mol yang sama pula. Dengan demikian, perbandingan volume gas = perbandingan mol, sehingga diperoleh persamaan:

$$\frac{\text{mol gas X}}{\text{mol gas Y}} = \frac{\text{volume gas X}}{\text{volume gas Y}}$$

**E. Stoikiometri (Perhitungan Kimia)**

Stoikiometri membahas tentang komposisi suatu senyawa termasuk di dalamnya membahas tentang massa unsur-unsur dalam rumus kimia dan reaksi kimia jenis unsur penyusun senyawa ditentukan melalui analisis kualitatif, sedangkan massa unsur dalam senyawa ditentukan dengan analisis kuantitatif. Dalam hal ini kita akan membahas cara perhitungannya bukan teknis analisisnya.

**1. Penentuan Rumus Empiris dan Rumus Molekul**

Rumus empiris dan rumus molekul telah kamu pelajari pada pokok bahasan di depan. Rumus empiris menyatakan perbandingan jumlah atom-atom dalam suatu senyawa, sedangkan rumus molekul menentukan jenis dan jumlah atom-atom dalam suatu molekul senyawa.

**Contoh Soal:**

Dari hasil analisis suatu senyawa diketahui mengandung 40% karbon; 6,6% hidrogen, dan sisanya oksigen. (Ar C = 12, H = 1; O = 16).

**Tentukan:**

- Rumus empiris senyawa tersebut.
- Rumus molekul senyawa bila 45 gram senyawa tersebut mengandung  $3,01 \times 10^{23}$  molekul.

**Jawaban:**

$$\% \text{ C} = 40 \%$$

$$\% \text{ H} = 6,6 \%$$

$$\% \text{ O} = 100\% - (40 + 6,6)\% = 53,4\%$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan mol atom} &= \text{C} : \text{H} : \text{O} \\ &= \frac{40}{12} : \frac{6,6}{1} : \frac{53,4}{16} \\ &= 3,3 : 6,6 : 3,3 \\ &= 1 : 2 : 1 \end{aligned}$$

a. Rumus empiris senyawa  $\text{CH}_2\text{O}$

$$\text{b. Mol} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{L} = \frac{3,01 \times 10^{23}}{6,02 \times 10^{23}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Mr} = \frac{\text{massa}}{\text{mol}} = \frac{45}{0,5} = 90$$

$$\text{Mr} (\text{CH}_2\text{O})_n = 90$$

$$(12 + 2 + 16)_n = 90$$

$$30_n = 90$$

$$n = 3$$

Rumus molekul adalah  $(\text{CH}_2\text{O})_3 = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

## 2. Persentase Unsur dalam Senyawa

Persentase/kadar unsur senyawa dapat ditentukan dari rumus empiris atau rumus molekul senyawanya. Rumus kimia senyawa menyatakan perbandingan jumlah atom-atom unsur penyusunnya. Karena setiap unsur mempunyai massa atom tertentu, persentase suatu unsur dalam senyawa dapat ditentukan dengan membandingkan jumlah massa atom unsur tersebut dengan jumlah massa atom seluruh unsur ( $\text{Mr}$  senyawa).

$$\% \text{ X dalam } \text{X}_m\text{Y}_n = \frac{m \cdot \text{Ar} \text{ X}}{\text{Mr} \text{ X}_m\text{Y}_n} \times 100\%$$

### Contoh Soal:

Berapa persen kadar nitrogen dalam urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ?

(Ar C = 12, O = 16, N = 14, H = 1)

$$\begin{aligned} \text{Jawaban: } \% \text{ N} &= \frac{2 \times \text{Ar} \text{ N}}{\text{Mr} \text{ CO}(\text{NH}_2)_2} \times 100\% \\ &= \frac{2 \times 14}{60} \times 100\% = 46,67\% \end{aligned}$$



### 3. Menentukan Air Kristal

Sebagian zat padat memiliki bentuk teratur yang disebut kristal. Pada umumnya kristal terbentuk dari zat cair atau larutan yang mengalami pemadatan atau penguapan. Pada penguapan terjadi kemungkinan air yang masih terikat dalam kristal. Air yang terikat dalam kristal ini disebut air kristal.

Jumlah air kristal pada setiap zat tidak sama, misalnya garam Inggris  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  magnesium sulfat heptahidrat terusi  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  tembaga (II) sulfat pentahidrat. Banyaknya air kristal dapat dilakukan dengan memanaskan sehingga semua air kristalnya menguap. Selanjutnya, berat air kristal dihitung dari selisih berat sebelum dan setelah dipanaskan. Cara lain untuk menentukan air kristal adalah dengan analisis reaksi kimia.

#### Contoh Soal:

Sebanyak 50 gram kristal  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  dipanaskan hingga semua airnya menguap dan diperoleh berat yang konstan 31,73 gram. Tentukan jumlah air kristal dan rumus kristal tersebut! (Ar Zn = 65, N = 14, O = 16, H = 1).

#### Jawaban:

massa kristal = 50 gram  
massa  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  = 31,73 gram  
massa  $\text{H}_2\text{O}$  = (50 – 31,73) gram  
= 18,27 gram

Perbandingan mol =  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  :  $\text{H}_2\text{O}$   
=  $\frac{31,73}{189}$  :  $\frac{18,27}{18}$   
= 0,17 : 1,015  
= 1 : 6

Jadi jumlah air kristal = 6

Rumus kristal  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .



#### Aktivitas 7.4

#### Tugas Kelompok

Menentukan Rumus Kristal Terusi  $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

#### Alat dan Bahan:

- Oven/ Kompor listrik
- Desikator
- Krus
- Neraca
- Tang krus
- Terusi,  $\text{CuSO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$

### Keselamatan Kerja:



Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan ini mudah pecah dan pecahannya tajam. Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru.

### Langkah Kerja:

1. Timbanglah 10 gram terusi dalam krus.
2. Panaskan terusi dalam krus dengan oven/kompur listrik.
3. Dinginkan krus beserta terusi dalam desikator.
4. Timbang krus beserta isinya, catat massanya.
5. Ulangi langkah 2 sampai dengan 4 hingga diperoleh massa terusi yang konstan.
6. Hitung jumlah air kristal dalam terusi dan tentukan rumus terusi.

### Tugas Mandiri

Buatlah laporan hasil percobaan untuk dipresentasikan.

## 4. Perhitungan Kimia pada Persamaan Reaksi

Dalam mereaksikan suatu zat untuk memperoleh hasil reaksi, kita dapat memperhitungkan jumlah pereaksi yang diperlukan agar efisien (tidak ada yang tersisa). Selain itu, kita dapat memperhitungkan jumlah hasil yang akan terbentuk sebelum mereaksikan pereaksi tersebut.

Pada persamaan reaksi setara, koefisien reaksi menunjukkan perbandingan jumlah partikel, mol, dan volume gas. Dengan demikian, bila salah satu zat diketahui jumlahnya, maka zat-zat lain yang terlibat dalam persamaan reaksi dapat dihitung dengan membandingkan koefisien reaksinya.

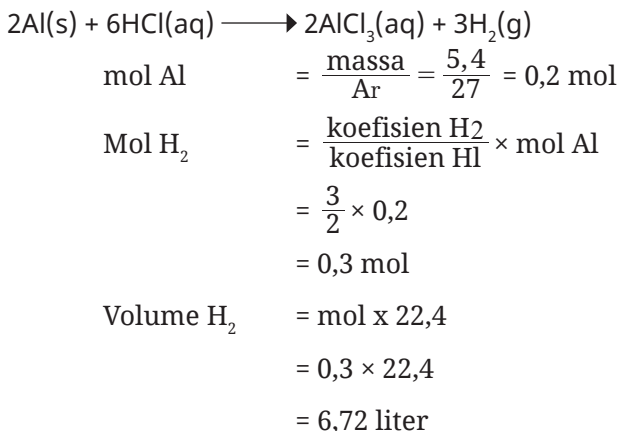
Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam menyelesaikan perhitungan pada persamaan reaksi sebagai berikut.

- a. Menulis persamaan reaksi yang setara.
- b. Menghitung mol zat yang diketahui.
- c. Menghitung mol zat yang ditanyakan menggunakan fungsi koefisien reaksi.  
$$\text{Mol A} = \frac{\text{koefisien A}}{\text{koefisien B}} \times \text{mol B}; \text{ (mol B sudah dihitung pada langkah kedua)}$$
- d. Mengubah mol menjadi satuan sesuai dengan pertanyaan.

### Contoh Soal:

Sebanyak 5,4 gram logam aluminium direaksikan dengan larutan asam klorida menghasilkan larutan aluminium klorida dan gas hidrogen. Berapa liter gas hidrogen yang dihasilkan bila diukur pada keadaan standar? (Ar Al = 27).

### Jawaban:



## F. Larutan Standar

Pernahkah kamu membuat larutan? Saat membuat minuman, kita sering melarutkan gula ke dalam air. Gula yang kita larutkan disebut zat terlarut dan air yang digunakan untuk melarutkan disebut pelarut.

Larutan adalah campuran homogen antara dua zat atau lebih. Zat dalam larutan yang jumlahnya lebih sedikit disebut zat terlarut/*solute* dan yang lebih banyak disebut pelarut/*solvent*. Perbandingan jumlah zat terlarut dengan pelarut dinyatakan sebagai konsentrasi larutan.

### 1. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi suatu larutan menyatakan perbandingan zat terlarut dengan larutan atau pelarutnya. Konsentrasi larutan dapat dinyatakan dengan berbagai satuan seperti persen (%), bagian per juta (Bpj), fraksi mol (X), molalitas (m), molaritas (M), dan normalitas (N).

Satuan % telah kalian pelajari pada bab 4. Pada bab ini kita pelajari satuan konsentrasi yang lain.

#### a. Bagian Per Juta (Bpj)

Seperti halnya persen yang menyatakan per seratus, Bpj menyatakan per juta. Dengan demikian, Bpj dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Bpj massa} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 10^6$$

$$\text{Bpj volume} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 10^6$$

Oleh karena persen menyatakan per seratus dan Bpj menyatakan per juta, dapat disimpulkan hubungan persen dengan Bpj sebagai berikut.

$$X \% = X \cdot 10^4 \text{ Bpj}$$

### b. Fraksi Mol (X)

Fraksi mol menyatakan perbandingan mol suatu zat dengan mol seluruh zat dalam larutan. Dalam campuran zat A dengan zat B, maka fraksi mol tiap-tiap zat dapat dinyatakan dengan:

$$X_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B}} \text{ dan } X_B = \frac{\text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B}}$$

Jumlah fraksi mol seluruh zat dalam larutan sebagai berikut.

$$x_A + x_B = 1$$

### Contoh Soal:

Sebanyak 15 gram urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dilarutkan dalam 180 gram air (Ar C=12, O=16, N=14, H=1). Hitunglah:

- 1) Fraksi mol urea
- 2) Fraksi mol air

### Jawab:

$$1) \text{ Mol } \text{CO}(\text{NH}_2)_2 = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{15}{60} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } \text{H}_2\text{O} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{180}{18} = 10 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} X_{\text{urea}} &= \frac{\text{mol urea}}{\text{mol urea} + \text{mol air}} \\ &= \frac{0,25}{0,25 + 10} \\ &= \frac{0,25}{10,25} = 0,024 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) X_{\text{air}} &= \frac{\text{mol air}}{\text{mol urea} + \text{mol air}} \\ &= \frac{10}{0,25 + 10} \\ &= \frac{10}{10,25} = 0,976 \text{ mol} \end{aligned}$$

Atau

$$\begin{aligned}X_{\text{urea}} + X_{\text{air}} &= 1 \\X_{\text{air}} &= 1 - X_{\text{urea}} \\&= 1 - 0,024 \\&= 0,976\end{aligned}$$

### c. Molalitas (m)

Molalitas menyatakan jumlah zat terlarut dalam 1000 gram pelarut. Molalitas dapat dinyatakan dengan rumus:

$$m = \text{mol} \times \frac{1000}{p} \quad \text{atau} \quad m = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{p}$$

Keterangan:  $m$  = molalitas (m)  
 $p$  = massa pelarut (gram)  
 $Mr$  = massa molekul relatif

#### Contoh Soal:

Sebanyak 18 gram glukosa  $C_6H_{12}O_6$  dilarutkan dalam 500 gram air (Ar, C = 12, H = 1, O = 16). Berapakah molalitas larutan yang terjadi?

#### Jawaban:

$$\begin{aligned}m &= \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{p} \\&= \frac{18\text{g}}{180\text{g}\text{mol}^{-1}} \times \frac{1000}{500\text{g}} \\&= 0,2 \text{ m}\end{aligned}$$

### d. Molaritas (M)

Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan. Molaritas dapat dinyatakan dengan rumus:

$$M = \frac{\text{mol}}{V} \quad \text{dan} \quad \text{mol} = \frac{\text{massa}}{Mr}$$

Keterangan:  $M$  = Molaritas (M)  
 $V$  = Volume larutan (L)

#### Contoh Soal:

Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 2 gram NaOH (Ar Na = 23, O = 16, H = 1) kedalam air sampai volume larutan 500 ml. Berapakah molaritas larutan yang terjadi?

#### Jawaban:

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr \cdot V} = \frac{2}{40 \cdot 0,5} = \frac{2}{20} = 0,1 \text{ M}$$

### e. Normalitas

Normalitas menyatakan jumlah ekuivalen zat terlarut dalam tiap liter larutan. Ekuivalen asam atau basa menyatakan jumlah ion hidrogen ( $H^+$ ) atau ion hidroksil ( $OH^-$ ). Dengan demikian ekuivalen menyatakan valensi asam atau basa tersebut. Satu ekuivalen asam adalah sejumlah asam yang dapat menghasilkan satu mol ion hidrogen ( $H^+$  atau  $H_3O^+$ ). Satu ekuivalen basa adalah sejumlah basa yang dapat menghasilkan satu mol ion hidroksil ( $OH^-$ ) atau sejumlah basa yang dapat menetralkan 1 mol ion hidrogen ( $H^+$  atau  $H_3O^+$ ). Dengan demikian, normalitas berbanding lurus dengan banyaknya mol tiap liter larutan dan valensi zat terlarut.

Normalitas (N) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Normalitas (N)} = \frac{\text{mol ekuivalen zat terlarut}}{\text{liter larutan}}$$

$$\text{mol ekuivalen} = \frac{\text{Massa (gram)}}{\text{Berat ekuivalen}}$$

$$\text{Berat ekuivalen (BE)} = \frac{\text{Ar atau Mr}}{\text{valensi}}$$

Dengan demikian, dapat diperoleh hubungan normalitas dengan molaritas sebagai berikut.

$$N = \frac{\text{mol}}{V} \cdot \text{valensi} \quad \text{atau} \quad N = M \cdot \text{Valensi}$$

#### Contoh Soal:

Sebanyak 0,5 mol  $H_2SO_4$  dilarutkan dalam air sampai volume 1 liter. Hitunglah:

- 1) Normalitas
- 2) Molaritas

#### Jawaban:

$$1) N = \frac{\text{mol}}{V} \cdot \text{valensi}$$

$$= \frac{0,5}{1} \cdot 2 = 1 \text{ N}$$

$$2) M = \frac{\text{mol}}{V}$$

$$= \frac{0,5}{1}$$

$$= 0,5 \text{ M}$$

## 2. Larutan Standar/Baku

Larutan baku adalah larutan yang konsentrasinya diketahui dengan tepat dan teliti. Senyawa yang digunakan untuk membuat larutan baku dinamakan senyawa baku. Senyawa baku dibedakan menjadi dua, yaitu senyawa baku primer dan senyawa baku sekunder.

### a. Standar Primer/Baku Primer

Baku primer adalah bahan dengan kemurnian tinggi yang digunakan untuk membakukan larutan standar dan untuk membuat larutan baku yang konsentrasinya dapat dihitung dari hasil penimbangan senyawanya dan volume larutan yang dibuat. Contoh:  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , asam benzoat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ),  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{KBrO}_3$ ,  $\text{KIO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

Syarat-syarat baku primer:

- 1) diketahui dengan pasti rumus molekulnya;
- 2) mudah didapat dalam keadaan murni dan mudah dimurnikan;
- 3) stabil, tidak mudah bereaksi dengan  $\text{CO}_2$ , cahaya, dan uap air; serta
- 4) mempunyai Mr tinggi.

### b. Baku Sekunder

Baku sekunder adalah bahan yang telah dibakukan sebelumnya oleh baku primer karena sifatnya yang tidak stabil, kemudian digunakan untuk membakukan larutan standar. Contoh: larutan natrium tiosulfat pada pembakuan larutan iodium.

Tabel 7.2 Larutan Baku dan Baku Primer

No.	Larutan Baku	Baku Primer
1.	NaOH	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (as. oksalat), $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ (as. benzoat), KHP
2.	HCl	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (nat. tetraborat), $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (nat. karbonat)
3.	$\text{KMnO}_4$	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ , $\text{As}_2\text{O}_3$ (arsen trioksida)
4.	Iodium	$\text{As}_2\text{O}_3$ , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ baku (nat. tio sulfat)
5.	Serium (IV) Sulfat	$\text{As}_2\text{O}_3$ , serbuk Fe pa.
6.	$\text{AgNO}_3$	$\text{NaCl}$ , $\text{NH}_4\text{CNS}$
7.	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , $\text{KBrO}_3$ , $\text{KIO}_3$
8.	EDTA	$\text{CaCO}_3$ pa, Mg pa

Keterangan: pa (pro analisis)

### Contoh Soal:

Bagaimanakah cara membuat 100 ml larutan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,1 N dari  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  padat (Ar H = 1, C = 12, O = 16)?

**Jawaban:**

$$M = N / \text{valensi} = 0,1 / 2 = 0,05 \text{ M}$$

$$\text{Mol} = M \times V = 0,05 \times 0,1 = 0,005 \text{ mol}$$

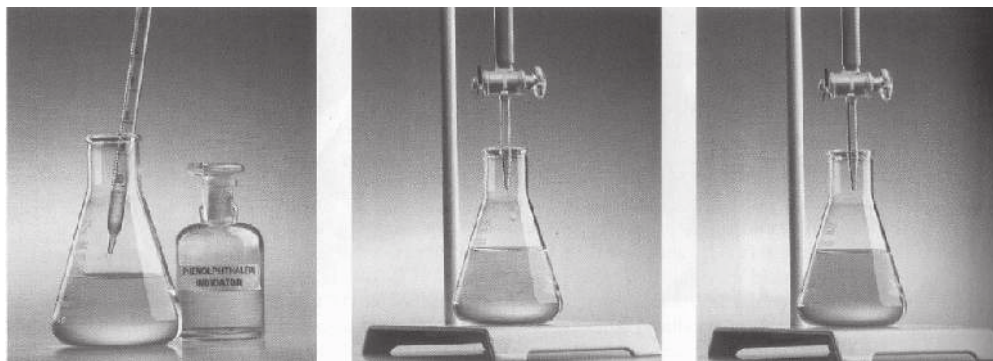
$$\text{Massa} = \text{mol} \times M_r = 0,005 \times 126 = 0,63 \text{ gram}$$

Jadi, cara membuat 100 ml larutan  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,1 N adalah dengan melarutkan 0,63 gram  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  padat ke dalam aquades sampai volume larutan 100 ml.

### 3. Standardisasi Larutan

Standardisasi larutan menggunakan baku dilakukan dengan cara titrasi. Titrasi merupakan suatu metode untuk menentukan konsentrasi suatu larutan menggunakan larutan standar yang telah diketahui konsentrasinya. Pada titrasi asam basa dikenal istilah titik ekuivalen, yaitu keadaan pada saat asam dan basa habis bereaksi.

Untuk mengetahui kapan penambahan larutan dihentikan diperlukan indikator untuk menandai titik akhir titrasi, yaitu keadaan dimana titrasi harus dihentikan tepat pada saat indikator asam-basa menunjukkan perubahan warna. Titik ekuivalen diperoleh melalui perhitungan teoretis, sedangkan titik akhir titrasi diperoleh dari percobaan perbedaan volume titik akhir titrasi dengan titik ekuivalen disebut kesalahan titrasi.



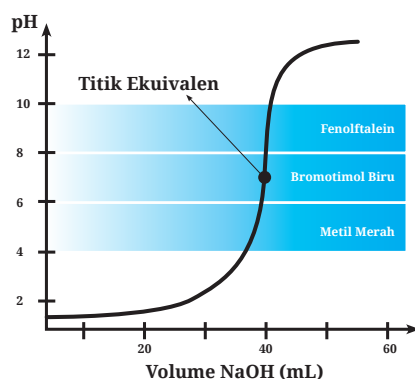
Gambar 7.7 Teknik melakukan titrasi.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S (2002)

#### a. Titrasi Asam Kuat dengan Basa Kuat

Pada titrasi asam kuat dengan basa kuat, misalnya 50 ml larutan HCl 0,1 M dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 M, sedikit demi sedikit dengan indikator fenolftalein atau metil merah, perubahan pH yang terjadi dapat dibuat kurva titrasi sebagai berikut.





Gambar 7.8 Kurva titrasi asam kuat oleh basa kuat.

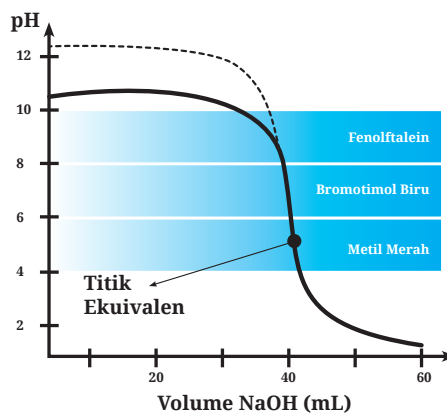
Dari kurva tersebut terlihat bahwa pH larutan HCl 0,1 M mula-mula = 1. Pada penambahan larutan NaOH 0,1 M terjadi kenaikan pH sedikit demi sedikit hingga mencapai titik ekuivalen (volume NaOH 0,1 M sebanyak 50 ml) pH larutan terjadi kenaikan sangat besar. Titik ekuivalen terjadi saat asam dan basa habis bereaksi, yaitu pada pH = 7. Kenaikan pH sangat besar terjadi saat mendekati titik ekuivalen dan setelah titik ekuivalen. Pada penambahan NaOH 0,1 M berikutnya setelah 50 ml, perubahan pH larutan sangat kecil. Pada titrasi basa kuat oleh asam kuat, pH larutan basa yang mula-mula tinggi berangsur-angsur turun dan titik ekuivalen terjadi pada pH = 7.

### b. Titrasi Asam Lemah dengan Basa Kuat

Pada titrasi asam lemah dengan basa kuat, misalnya larutan  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,1 M dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 M dapat dibuat kurva titrasi dengan cara seperti di atas.

### c. Titrasi Basa Lemah dengan Asam Kuat

Pada titrasi basa lemah dengan asam kuat, misalnya 50 ml larutan  $\text{NH}_3$  0,1 M dititrasi dengan larutan HCl 0,1 M, Perubahan pH yang terjadi dapat dibuat kurva titrasi seperti gambar 7.9.



Gambar 7.9 Kurva titrasi basa lemah oleh asam kuat ditunjukkan oleh garis tebal.

Sumber: Crys Fajar Partana dan Antuni Wiyarsi

### Contoh Soal:

Untuk menentukan konsentrasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  diambil 10 ml larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ditambah 2 tetes indikator fenolftalein kemudian dititresi dengan larutan standar sekunder NaOH 0,1 N. Data yang diperoleh sebagai berikut.

No.	Volume $\text{H}_2\text{SO}_4$	Volume NaOH 0,1N
1.	10 ml	31 ml
2.	10 ml	29 ml
3.	10 ml	30 ml

Tentukan konsentrasi larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tersebut!

### Jawaban:

$$V_a \cdot N_a = V_b \cdot N_b$$

$$N_a = \frac{V_b \cdot N_b}{V_a}$$

$$N_a = \frac{30 \cdot 0,1}{10}$$

$$N_a = 0,3 \text{ N, jadi konsentrasi larutan } \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ tersebut } 0,3 \text{ N}$$



### Aktivitas 7.4

#### Membuat larutan Standar Primer: $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 0,1 \text{ N}$ , larutan Standar Sekunder NaOH dan Standardisasi

##### Alat dan Bahan:

- Gelas kimia 100 ml
- Spatula
- Pengaduk kaca
- Labu ukur 100 ml
- Corong kaca
- Neraca
- Kristal  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
- NaOH

##### Keselamatan Kerja:



Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan ini mudah pecah dan pecahannya tajam. Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, kacamata pelindung (*goggle*) dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru.

## Langkah Kerja:

### Membuat larutan standar primer $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,1 N

1. Timbang massa  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  sesuai dengan perhitungan.
2. Larutkan dalam gelas kimia dengan aquades secukupnya ( $\pm 50$  ml).
3. Aduk hingga homogen, masukkan dalam labu ukur 100 ml.
4. Tambahkan aquades hingga tanda batas (meniskus).
5. Kocok  $\pm 15$  kali hingga homogen dan beri label.

### Membuat larutan standar sekunder NaOH 0,1N

1. Timbang massa NaOH sesuai dengan perhitungan.
2. Larutkan dalam gelas kimia dengan aquades secukupnya ( $\pm 50$  ml).
3. Aduk hingga homogen, masukkan dalam labu ukur 100 ml.
4. Tambahkan aquades hingga tanda batas (meniskus).
5. Kocok  $\pm 15$  kali hingga homogen dan beri label.

Standardisasi larutan standar sekunder NaOH dengan larutan standar primer  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  0,1 N sebagai berikut.

1. Isilah buret dengan larutan standar sekunder NaOH yang telah kamu buat.
2. Ambil 10 ml larutan asam oksalat 0,1 N dengan pipet volume, tuangkan ke dalam erlenmeyer, tambahkan 2-3 tetes indikator fenolftalein (pp).
3. Titrasi dengan larutan NaOH yang sudah disiapkan sampai titik akhir titrasi (terjadi warna merah muda).
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai 3 kali.
5. Tulis hasil pengamatan kamu dalam tabel pengamatan.
6. Hitung normalitas NaOH dengan persamaan:

$$V_a \times N_a = V_b \times N_b, \text{ di mana } a = \text{asam dan } b = \text{basa}$$

Buatlah laporan percobaan yang telah kamu lakukan!



## Rangkuman

1. Senyawa kimia dibedakan atas senyawa anorganik dan senyawa organik.
2. Pemberian nama pada senyawa anorganik dibedakan atas senyawa biner, senyawa poliatomik, senyawa ion, senyawa asam, basa, dan garam.
3. Persamaan reaksi adalah persamaan yang menggambarkan rumus kimia zat-zat pereaksi dan hasil reaksi yang dibatasi dengan tanda panah.
4. Pada reaksi yang setara jumlah atom ruas kiri sama dengan jumlah atom ruas kanan.

- Mol merupakan satuan jumlah zat, satu mol suatu zat adalah banyaknya zat yang mengandung  $6,02 \times 10^{23}$  partikel.
- Pada reaksi yang setara, koefisien reaksi menyatakan perbandingan dari jumlah partikel, mol, dan volume gas.
- Larutan baku adalah larutan yang konsentrasinya diketahui dengan tepat dan teliti.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

- Tuliskan persamaan reaksi berikut ini secara lengkap!
  - Gas etana ( $C_2H_6$ ) dibakar dengan oksigen menghasilkan gas karbon dioksida dan uap air.
  - Logam aluminium direaksikan dengan larutan asam klorida menghasilkan larutan aluminium klorida dan gas hidrogen.
  - Larutan kalsium klorida direaksikan dengan larutan natrium karbonat menghasilkan endapan kalsium karbonat dan larutan natrium klorida.
- Sebanyak 8 liter campuran gas  $CH_4$  dan  $C_2H_6$  dibakar sempurna menghabiskan 25 liter gas oksigen pada suhu dan tekanan tetap. Berapa liter volume tiap-tiap gas dalam campuran tersebut?
- Berapa liter volume dari 88 gram gas  $CO_2$  (Ar C = 12 O = 16) yang diukur pada suhu  $0^\circ C$  dan tekanan 76 cm Hg?
- Sebanyak 19,6 gram kristal natrium karbonat ( $Na_2CO_3 \times H_2O$ ) direaksikan dengan larutan asam klorida sampai habis menurut reaksi:  
 $Na_2CO_{3(s)} + HCl_{(ag)} \rightarrow NaCl_{(ag)} + H_2O_{(g)} + CO_{2(g)}$  (belum setara). Bila pada keadaan standar dihasilkan 2,24 liter gas  $CO_2$ , tentukan jumlah air kristal dan rumus garam tersebut!
- Pada standardisasi larutan  $H_2SO_4$  yang dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N diperoleh data sebagai berikut.

No.	V $H_2SO_4$ yang dititrasi	V NaOH 0,1 N yang diperlukan
1.	10 ml	19 ml
2.	10 ml	21 ml
3.	10 ml	20 ml

Tentukan konsentrasi  $H_2SO_4$  dalam satuan molar dan normal!



### Pengayaan

Berdasarkan materi yang telah kamu pelajari, buatlah rancangan percobaan untuk menentukan kadar cuka dapur menggunakan larutan standar!



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi reaksi kimia, stoikiometri, dan larutan standar yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri!
2. Adakah ide, materi atau pendapat tentang reaksi kimia, stoikiometri, dan larutan standar dari gurumu yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama tentang reaksi kimia, stoikiometri, dan larutan standar yang kamu pelajari sebagai dasar mempelajari Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri.
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam diri yang ingin kalian lakukan setelah mendapatkan materi pada bab ini.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)

# Bab 8

## Laju Reaksi

Berapa laju kendaraanmu saat ke sekolah?





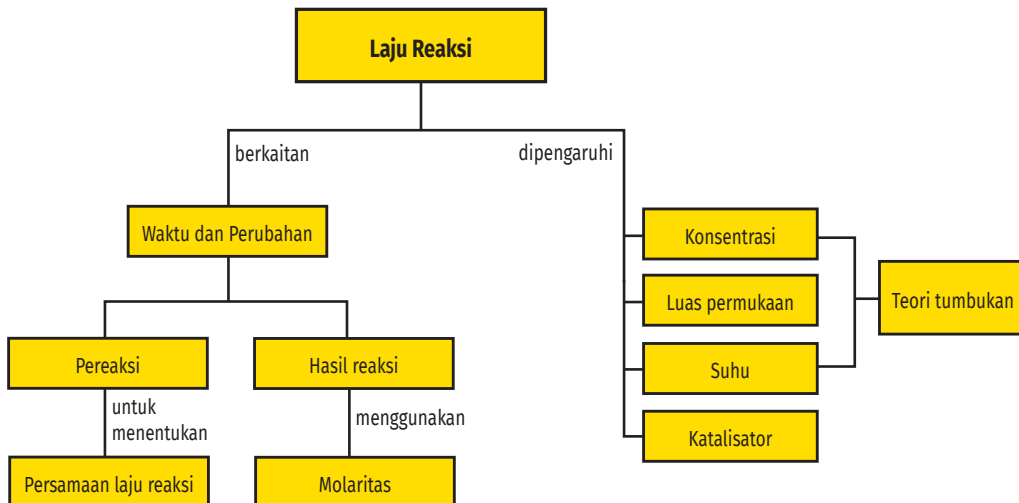
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan pengertian laju reaksi;
- menjelaskan pengaruh konsentrasi, luas permukaan sentuh, temperatur dan tekanan, serta volume terhadap laju reaksi ditinjau dari teori tumbukan;
- menjelaskan pengaruh katalisator terhadap laju reaksi;
- menentukan orde reaksi dan tetapan laju reaksi suatu reaksi berdasarkan data eksperimen;
- menuliskan persamaan hukum laju reaksi suatu reaksi kimia; serta
- menjelaskan penerapan konsep laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Konsentrasi, Pereaksi, Hasil Reaksi, Energi Aktivasi, Persamaan Laju Reaksi, Orde Reaksi, Teori Tumbukan, Luas Permukaan Sentuh, Suhu, Katalis



Gambar 8.1 (a) Perkaratan besi berlangsung lambat.

Sumber: Metal Cinkara/gradjevinarstvo.rs (2022)



(b) Pembakaran kertas berlangsung cepat.

Sumber: Walter Ewing/mmigrationimpact.com (2018)

Reaksi kimia ada yang berlangsung cepat dan ada pula yang berlangsung lambat. Apabila kita membakar kertas, maka dalam waktu singkat kertas tersebut terbakar habis. Berbeda dengan reaksi perkaratan besi. Apabila logam besi dibiarkan, makin lama akan berkarat. Reaksi satu dengan reaksi lainnya memerlukan waktu reaksi berbeda tergantung sifat zat yang bereaksi dan beberapa faktor lainnya.

Pernahkah kamu memperhatikan faktor lain yang memengaruhi laju reaksi? Pernahkah kamu memperhatikan, mengapa buah di dalam kulkas lebih tahan lama daripada di ruangan terbuka pada suhu kamar? Mengapa pembakaran yang dilakukan dengan bantuan kipas berlangsung lebih cepat? Mengapa bahan bakar gas lebih mudah terbakar daripada bahan bakar padat atau cair? Marilah kita cari jawabannya dalam bab ini.

## A. Pengertian Laju Reaksi

Coba kamu ingat kembali pelajaran bab sebelumnya tentang konsentrasi larutan. Pada reaksi:  $A + B \longrightarrow C + D$ , pada awal reaksi  $[A]$  dan  $[B]$  maksimum, sedangkan  $[C]$  dan  $[D] = 0$ . Setelah reaksi berlangsung, setiap saat konsentrasi A dan B berkurang, sedangkan konsentrasi C dan D bertambah. Perubahan konsentrasi A dan B atau C dan D tiap satuan waktu disebut laju reaksi. Dengan demikian, secara umum laju reaksi dapat didefinisikan sebagai perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi tiap satuan waktu. Jadi pada reaksi tersebut, laju reaksi dapat didefinisikan sebagai berkurangnya  $[A]$  atau  $[B]$  tiap satuan waktu, atau bertambahnya  $[C]$  dan  $[D]$  tiap satuan waktu, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V = - \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \text{ atau } V = - \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \text{ atau } V = \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \text{ atau } V = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

Dengan  $V$  = laju reaksi (M / det)  
 $\Delta[ \ ]$  = perubahan konsentrasi (mol/L)  
 $\Delta t$  = perubahan waktu (detik)



Laju reaksi yang dihitung dengan persamaan tersebut merupakan laju rata-rata yang berbeda dalam selang waktu yang berbeda. Reaksi kimia ada yang berlangsung cepat, misalnya pembakaran gas dan korek api. Ada juga reaksi kimia yang berlangsung lambat, misalnya perkaratan besi dan pelapukan kayu.

Adapun reaksi yang melibatkan koefisien reaksi berbeda, misalnya:

$pA + qB \longrightarrow rC + sD$ , maka berlaku hubungan

$$V = -\frac{1}{p} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \text{ atau } V = -\frac{1}{q} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} \text{ atau } V = \frac{1}{r} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} \text{ atau } V = \frac{1}{s} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

### Contoh Soal:

1. Pada reaksi  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$ , tentukan hubungan laju reaksi terhadap tiap-tiap zat ( $V_{N_2}$ ,  $V_{H_2}$ ,  $V_{NH_3}$ ).

#### Penyelesaian:

$$V_{N_2} = \frac{1}{3} V_{H_2} = \frac{1}{2} V_{NH_3}$$

2. Diketahui reaksi pembentukan HBr pada suhu tertentu:

$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)}$ . Bila setelah 10 detik konsentrasi HBr sebesar 0,06 mol/liter, tentukan:

- a. Laju reaksi pembentukan HBr ( $V_{HBr}$ )
- b. Laju reaksi terhadap  $H_2$  ( $V_{H_2}$ )
- c. Laju reaksi terhadap  $Br_2$  ( $V_{Br_2}$ )

#### Penyelesaian:

$$a. \quad V_{HBr} = \frac{\Delta[HBr]}{\Delta t} = \frac{0,006 - 0}{10} = 0,006 \text{ mol/liter detik}$$

$$b. \quad V_{H_2} = \frac{1}{2} V_{HBr} = 0,003 \text{ mol/liter detik}$$

$$c. \quad V_{Br_2} = V_{H_2} = 0,003 \text{ mol/liter detik}$$

## B. Persamaan Laju Reaksi

Pada umumnya laju reaksi tergantung pada konsentrasi awal dari zat-zat pereaksi. Pernyataan ini dikenal dengan hukum laju reaksi atau persamaan laju reaksi.

### Secara umum:

Pada reaksi:  $pA + qB \longrightarrow rC + sD$ , mempunyai persamaan laju reaksi

$V = k [A]^m [B]^n$ , dengan:  $V$  = laju reaksi ( $\text{mol L}^{-1} \text{det}^{-1}$ ).

$k$  = tetapan laju reaksi ( $\text{mol}^{1-m-n} \text{L}^{m+n-1} \text{det}^{-1}$ )

$m$  = tingkat (orde reaksi terhadap A)

$n$  = tingkat (orde reaksi terhadap B)

$m+n$  = tingkat (orde reaksi) total

## Orde Reaksi

Orde reaksi merupakan pangkat dari konsentrasi suatu zat dalam persamaan laju reaksi. Reaksi orde nol, berarti konsentrasi pereaksi tidak memengaruhi laju reaksi; reaksi orde satu, berarti laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi pereaksi; dan reaksi orde dua berarti laju reaksi berbanding lurus dengan kuadrat konsentrasi pereaksi tersebut.

### Contoh Soal:

Perhatikan tabel percobaan reaksi  $P + Q \longrightarrow R + S$  berikut!

No. Percobaan	[P] (mol/liter)	[Q] (mol/liter)	V (mol/liter detik)
1.	0,10	0,10	$2 \cdot 10^{-3}$
2.	0,30	0,10	$6 \cdot 10^{-3}$
3.	0,10	0,20	$8 \cdot 10^{-3}$

### Tentukan:

- tingkat reaksi terhadap P dan Q
- rumus kecepatan reaksi
- orde reaksi
- harga k

### Penyelesaian:

- a. Untuk menentukan orde terhadap P, digunakan data [Q] tetap (data 1 dan 2).  
Karena  $Q_1$  dan  $Q_2$  sama, maka:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k[P_1]^m [Q_1]^n}{k[P_2]^m [Q_2]^n}$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,1}{0,3}\right)^m \text{ penjelasan } 0,1 \text{ per } 0,3 \text{ pangkat } m$$

$$\frac{1}{3} = \left(\frac{1}{3}\right)^m$$

$$m = 1$$

- Untuk menentukan orde terhadap Q, digunakan data [P] tetap (data 1 dan 3).  
Karena  $P_1$  dan  $P_2$  sama, maka:

$$\frac{v_1}{v_3} = \frac{k[P_1]^m [Q_1]^n}{k[P_3]^m [Q_3]^n} \text{ (k dan P tetap)}$$

$$\frac{2 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-3}} = \left(\frac{0,10}{0,20}\right)^n$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

$$n = 2$$

b.  $v = k [P] [Q]^2$

c. Orde reaksi total =  $m + n = 1 + 2 = 3$

d. Dari data 1:

$$v = k [P] [Q]^2$$

$$2 \cdot 10^{-3} = k (0,10)(0,10)^2$$

$$= k (0,10)(0,010)$$

$$= k \cdot 1 \cdot 10^{-3}$$

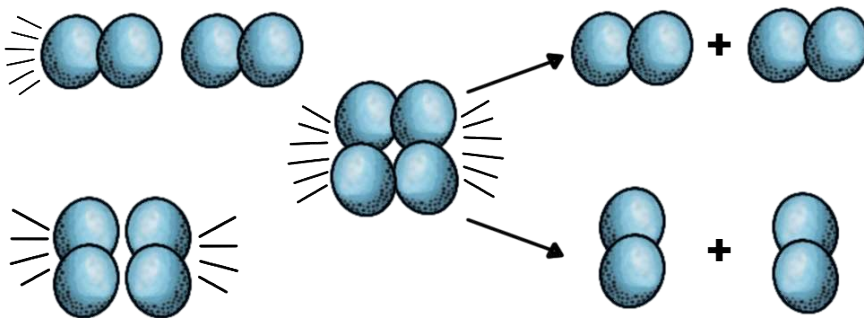
$$k = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ mol}^{-2} \text{ liter}^2 \text{ detik}^{-1}$$

### C. Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi, luas permukaan, suhu, dan katalisator. Untuk memahami pengaruh faktor-faktor tersebut, maka perlu dipahami lebih dahulu teori tumbukan.

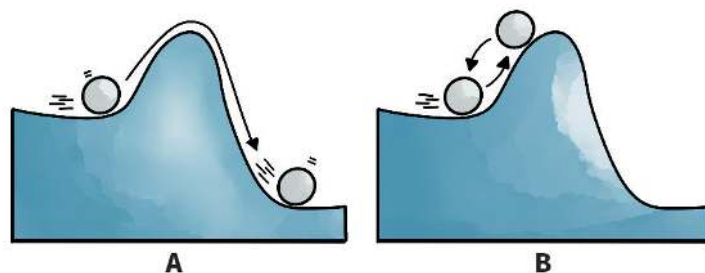
#### Teori Tumbukan

Agar zat-zat dapat bereaksi menghasilkan hasil reaksi, maka molekul-molekul pereaksi harus bertumbukan terlebih dahulu. Tumbukan yang efektif adalah tumbukan dengan posisi tepat dan energi yang cukup. Dengan demikian makin mudah/banyak terjadi tumbukan, reaksi berlangsung makin cepat.



Gambar 8.2 Tumbukan dengan posisi tepat (bawah) menghasilkan reaksi.

Energi minimum yang dimiliki oleh partikel-partikel pereaksi agar menghasilkan reaksi bila bertumbukan disebut energi aktivasi atau energi pengaktifan. Energi aktivasi merupakan selisih antara energi potensial tertinggi dan energi potensial mula-mula, sehingga selalu positif dan besarnya tergantung jenis reaksi.

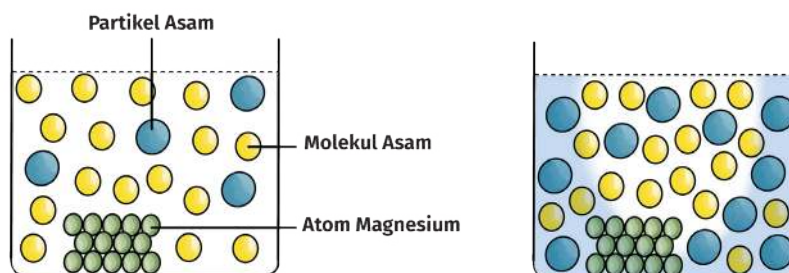


Gambar 8.3 (a) Energi Aktivasi Cukup (b) Energi Aktivasi Tidak Cukup

Dengan demikian faktor yang memengaruhi tumbukan dan energi aktivasi akan memengaruhi laju reaksi.

### a. Konsentrasi

Larutan pereaksi dengan konsentrasi yang lebih besar berarti mengandung partikel/molekul terlarut dengan jumlah lebih besar. Dengan demikian jarak partikel/ molekul di dalamnya pun lebih rapat dan lebih mudah terjadi saling tumbuk, sehingga reaksi berlangsung lebih cepat. Makin besar konsentrasi pereaksi, makin cepat reaksi berlangsung.



Gambar 8.4 Partikel reaktan dalam: a. molaritas rendah, b. molaritas tinggi.

### Contoh Soal:

Reaksi:  $2\text{H}_{2(g)} + 2\text{NO}_{(g)} \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{N}_{2(g)}$ , pada suhu  $800^\circ\text{C}$  memiliki persamaan laju reaksi  $V = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$ , berapa kali lebih cepat reaksi berlangsung bila konsentrasi  $\text{H}_2$  dan  $\text{NO}$  dinaikkan dua kali?

**Jawaban:**  $V = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$ , konsentrasi  $\text{H}_2$  dan  $\text{NO}$  dinaikkan dua kali

$$\begin{aligned} V_x &= k [2\text{NO}]^2 [2\text{H}_2] \\ &= k 4[\text{NO}]^2 2[2\text{H}_2] \\ &= 8k[\text{NO}]^2 [2\text{H}_2] \end{aligned}$$

$$V_x = 8 \cdot V$$

Jadi, reaksi berlangsung 8 kali lebih cepat.

### b. Sifat Zat yang Bereaksi

Ada zat pereaksi yang mudah bereaksi dan ada zat pereaksi yang sulit bereaksi. Mudah dan sulitnya zat untuk bereaksi akan menentukan kecepatan reaksinya. Senyawa-senyawa ion pada umumnya bereaksi lebih cepat daripada senyawa-senyawa kovalen. Pada reaksi senyawa ion terjadi tarik-menarik antara kation dan anion yang bereaksi, sehingga reaksi dapat lebih cepat. Reaksi pada senyawa kovalen membutuhkan energi untuk memutuskan ikatan-ikatan kovalen dalam molekul-molekul zat yang bereaksi.

### c. Suhu

Pada umumnya makin tinggi suhu, makin cepat reaksi berlangsung. Hal ini terjadi karena makin tinggi suhu makin cepat gerakan partikel-partikel pereaksi dan makin besar pula energi kinetiknya. Dengan demikian, banyak partikel yang dapat melampaui energi aktivasinya (energi minimum yang diperlukan agar reaksi dapat berlangsung), sehingga reaksi makin cepat. Pada umumnya setiap kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$  menyebabkan kecepatan reaksi menjadi dua kali lebih cepat, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_2 = 2^{\frac{t}{10}} \cdot V_1$$

### d. Luas Permukaan

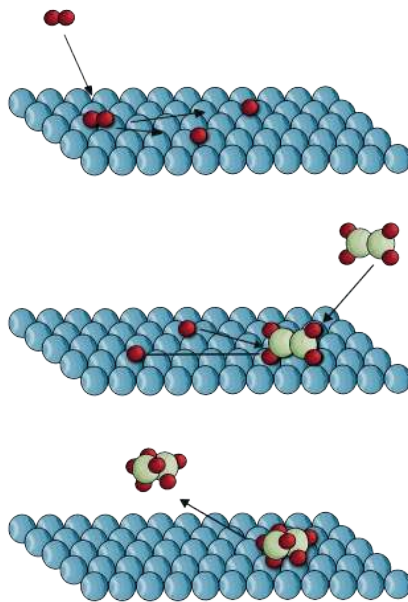
Makin luas permukaan pereaksi, makin cepat reaksi berlangsung. Hal ini disebabkan makin luas permukaan, makin besar kemungkinan terjadinya tumbukan, akibatnya reaksi menjadi lebih cepat. Bila pereaksi berupa zat padat, bentuk serbuk lebih cepat bereaksi daripada bentuk keping/lempengan.



Gambar 8.5 Dengan total volume atau massa yang sama, makin kecil kubus makin besar luas permukaannya.

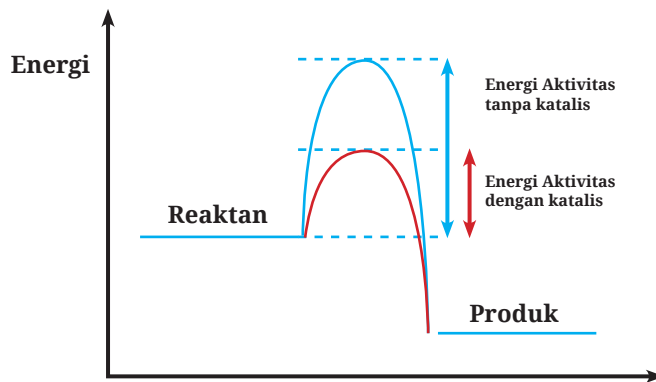
### e. Katalisator

Katalisator adalah zat yang dapat mempercepat reaksi dan pada akhir reaksi terbentuk kembali. Pada reaksi pemutusan ikatan rangkap pada etena untuk membentuk etana yang sangat sulit dilakukan. Dengan katalis logam nikel reaksi lebih mudah terjadi seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 8.6 Reaksi katalisis pada pembentukan etana dari etena dengan katalisator logam nikel.

Katalisator mempercepat reaksi dengan jalan menurunkan energi aktivasi seperti terlihat pada diagram berikut.



Gambar 8.7 Hubungan katalis dengan energi pengaktifan.

Katalis berdasarkan bentuknya dibagi menjadi dua, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Dalam bidang industri, katalis digunakan dalam pembuatan asam sulfat dan juga ammonia. Pembentukan asam sulfat berupa reaksi kimia yang berlangsung sangat lambat sehingga digunakan katalis vanadium oksida (silika) untuk mempercepatnya. Pembentukan ammonia juga sangat tidak stabil sehingga katalis besi digunakan agar gas ammonia tidak kembali terurai menjadi gas hidrogen dan nitrogen.



## Aktivitas 8.1

### Mempelajari Faktor-Faktor yang Memengaruhi Laju Reaksi

#### 1. Pengaruh Konsentrasi Terhadap Laju Reaksi

a. **Alat dan bahan:** gelas kimia, tabung reaksi, *stopwatch*, batu pualam ( $\text{CaCO}_3$ ), larutan HCl 2 M, larutan HCl 1M

b. **Keselamatan Kerja:** \_\_\_\_\_ 

Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, sarung tangan, kacamata pelindung (*goggle*), dan masker. Bekerjalah dengan hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

#### c. Langkah Kerja:

- 1) Siapkan tiga keping batu pualam yang luas permukaannya kira-kira sama.
- 2) Buatlah saluran kecil pada sisi sumbat erlenmeyer seperti pada gambar.
- 3) Isilah erlenmeyer dengan larutan HCl 4M sampai seperempatnya.
- 4) Masukkan satu keping pualam ke dalam erlenmeyer, segera sumbat erlenmeyer itu dan balikkan gelas ukur berisi air. Pegang tabung itu tegak lurus. Catat waktu sejak tabung dibalikkan sampai tabung itu penuh terisi gas.
- 5) Ulangi percobaan di atas dengan menggunakan larutan HCl 2 M dan HCl 1M.



#### 2. Pengaruh Luas Permukaan

a. **Alat dan bahan:** neraca, gelas ukur 25 ml, selang plastik, tabung reaksi dan sumbat, bejana, air, *stopwatch*, pualam ( $\text{CaCO}_3$ ), dan larutan HCl 2M.

#### b. Langkah kerja:

- 1) Masukkan 10 ml larutan HCl 2 M ke dalam erlenmeyer, tambahkan 0,5 gram keping pualam. Tampung gas yang terjadi dalam gelas ukur seperti pada gambar. Catat waktu yang diperlukan untuk menampung 10 ml gas.
- 2) Ulangi langkah kerja tersebut di atas dengan mengganti keping pualam dengan 0,5 gram serbuk pualam.





### Rangkuman

1. Laju reaksi adalah laju perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi tiap satuan waktu.
2. Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi, luas permukaan, suhu dan katalisator.
3. Katalis mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Dalam ruang 4 liter direaksikan 0,6 mol NO dan 0,5 mol O<sub>2</sub> menghasilkan NO<sub>2</sub>. Setelah 5 detik dihasilkan 0,4 mol gas NO<sub>2</sub>, hitunglah:
  - a. Laju reaksi terbentuknya NO<sub>2</sub>.
  - b. Laju reaksi O<sub>2</sub>.
2. Diketahui reaksi:



No.	[Fe <sup>3+</sup> ] M	[S <sup>2-</sup> ] M	Laju M/det
1.	0,1	0,1	2
2.	0,2	0,1	8
3.	0,2	0,2	16
4.	0,2	0,3	54

Tentukan persamaan laju reaksinya!

3. Pada suatu industri kimia, bagaimana cara mempercepat suatu reaksi agar mendapatkan keuntungan lebih besar?
4. Jelaskan pengaruh luas permukaan dan suhu terhadap kecepatan reaksi dengan mengaitkan teori tumbukan!
5. Bila reaksi  $\text{A} + \text{B} \longrightarrow \text{AB}$ , pada suhu 25°C selesai dalam waktu 16 menit dan setiap kenaikan 10°C menyebabkan reaksi menjadi 2 kali lebih cepat. Pada suhu berapakah agar reaksi tersebut selesai dalam waktu 15 detik?
6. Suatu reaksi berlangsung pada suhu 20°C. Setiap kenaikan 10°C tetapan kecepatan reaksinya meningkat 2 kali. Berapa kali lebih cepat reaksi pada suhu 60°C dibandingkan dengan pada suhu 20°C?



7. Bila suatu reaksi dinaikkan  $20^{\circ}\text{C}$ , maka kecepatan reaksinya akan menjadi 3 kali lebih cepat. Pada suhu  $t^{\circ}\text{C}$  reaksi berlangsung selama 12 menit. Berapa menitkah reaksi berlangsung pada suhu  $(t+60)^{\circ}\text{C}$ ?
8. Usaha apa sajakah yang dapat dilakukan untuk mempercepat suatu reaksi?
9. Apa yang terjadi pada reaksi:  $A_{(g)} + B_{(g)} \longrightarrow AB_{(g)}$ , yang memiliki persamaan laju reaksi  $V = k [A]^2[B]$  bila volume ruangan diperkecil 2 kali?
10. Suatu reaksi  $2H_{2(g)} + SO_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} + S_{(s)}$ , berlangsung dalam beberapa tahap:
  - IV.  $H_{2(g)} + SO_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$  (1 jam)
  - V.  $SO_2H_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} + SO_{(g)}$  (0,1 jam)
  - VI.  $SO_{(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow SO_2H_2$  (0,15 jam)
  - VII.  $SOH_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} + S_{(g)}$  (0,2 jam)
  - VIII.  $S_{(g)} \longrightarrow S_{(s)}$  (0,22 jam)

Manakah tahap penentu laju dan bagaimanakah hukum lajunya?



### Pengayaan

Lakukan analisis terhadap fakta berikut hubungannya dengan laju reaksi.

1. Mengecat besi agar tidak mudah berkarat.
2. Menyimpan buah dan sayur di kulkas.
3. Mengipas saat membakar sate.
4. Memeram buah dalam dedaunan biar cepat matang.
5. Memotong-motong kayu untuk api unggun.



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi laju reaksi yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri!
2. Adakah ide, materi, atau pendapat dari gurumu tentang laju reaksi yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama laju reaksi yang kamu pelajari dan menurutmu penting untuk terus dipelajari sebagai dasar mempelajari Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam dirimu yang ingin kamu lakukan setelah memperoleh materi pada bab ini?

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: pupuk-indonesia.com, (2017)

## Bab 9

# Keseimbangan Kimia

Dapatkah kamu meniti balok? Bagaimana agar kamu tidak jatuh? Hal ini erat kaitannya dengan keseimbangan tubuh.



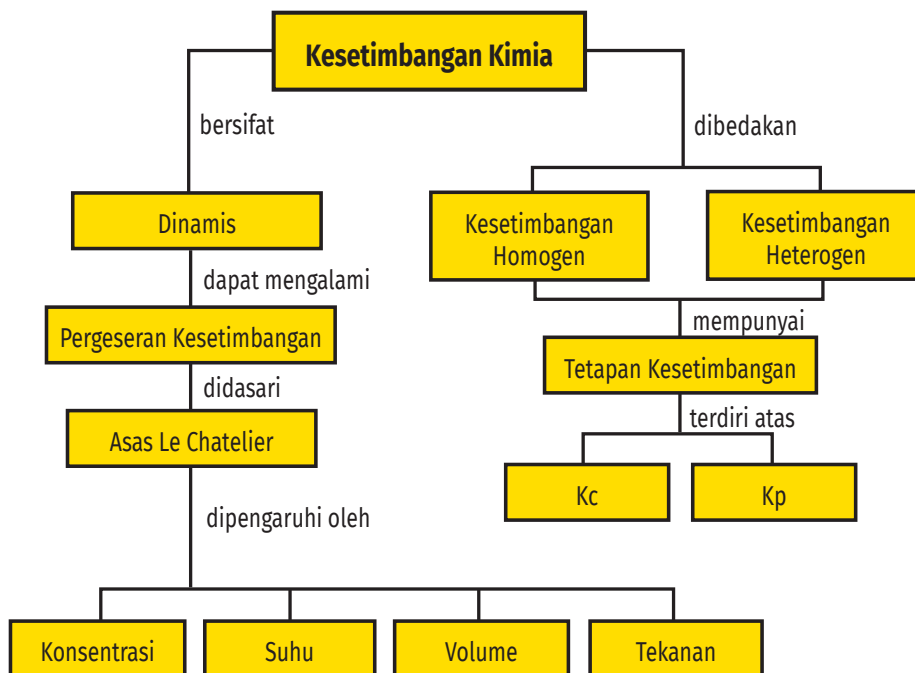
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan reaksi kesetimbangan dan keadaan setimbang;
- menjelaskan faktor-faktor yang memengaruhi pergeseran kesetimbangan;
- menentukan harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ );
- menentukan harga tetapan kesetimbangan parsial gas ( $K_p$ );
- menjelaskan hubungan antara  $K_c$  dan  $K_p$ ; serta
- menjelaskan penerapan kesetimbangan kimia pada bidang industri.

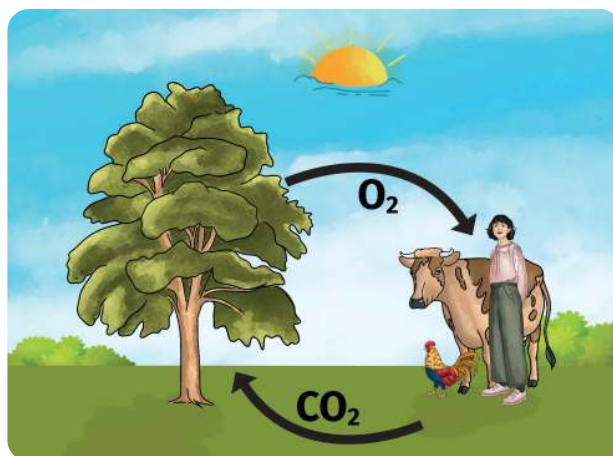


### Peta Konsep



### Kata Kunci

Kesetimbangan, Reaksi *Reversible*, Reaksi *Irreversible*, Tetapan Kesetimbangan, Derajat Disosiasi, Tekanan Parsial



Gambar 9.1 Siklus Oksigen

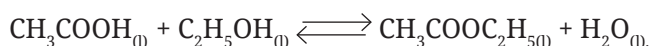
Setiap saat kita menghirup oksigen. Pernahkah kamu berpikir ke mana perginya oksigen yang kita hirup? Oksigen yang kita hirup diikat oleh hemoglobin dalam darah. Reaksi pengikatan oksigen tersebut merupakan reaksi kesetimbangan dinamis. Hemoglobin mengikat oksigen dan dapat melepaskannya kembali sehingga terjadi pergeseran kesetimbangan. Selain oksigen, hemoglobin dalam darah juga dapat mengikat gas CO dan melepaskannya kembali. Kondisi tersebut menunjukkan kesetimbangan dinamis. Kesetimbangan dinamis diterapkan dalam banyak industri, misalnya industri amonia sebagai bahan pembuatan pupuk.

### A. Reaksi Berkesudahan dan Reaksi Kesetimbangan

Pada pembakaran belerang dan gas oksigen terjadi reaksi:  $S_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$

Setelah belerang habis, reaksi tersebut berhenti karena gas  $SO_2$  tidak dapat kembali menjadi S dan  $O_2$ . Artinya, reaksi tersebut hanya terjadi satu arah dalam pembentukan  $SO_2$  dan tidak dapat kembali. Reaksi ini disebut reaksi berkesudahan (*irreversible*), yaitu reaksi yang berlangsung satu arah (ke arah produk). Pada reaksi berkesudahan, produk/hasil reaksi tidak dapat saling bereaksi membentuk pereaksi. Penulisan persamaan reaksi digambarkan dengan satu anak panah. Sebagai contoh,  $NaOH_{(aq)} + HCl_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$ .

Setelah bereaksi menjadi NaCl dan  $H_2O$ , NaOH dan HCl tidak saling bereaksi. Oleh karena itu, apabila NaOH dan HCl habis, reaksi akan berhenti. Berbeda dengan reaksi antara asam asetat dengan etanol, yaitu:



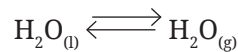
Setelah  $CH_3COOH$  bereaksi dengan  $C_2H_5OH$  menghasilkan  $CH_3COOC_2H_5$  dan  $H_2O$ , maka  $CH_3COOC_2H_5$  dapat terhidrolisis oleh air menjadi  $CH_3COOH$  dan  $C_2H_5OH$  kembali. Reaksi yang berlangsung bolak balik (dua arah) ini disebut reaksi kesetimbangan (*reversible*).

## B. Keadaan Setimbang

Dalam proses reaksi penguapan air sistem terbuka, uap air yang dihasilkan akan keluar ke lingkungan dan tidak kembali ke dalam sistem. Dalam sistem tertutup, penguapan air diimbangi pengembunan uap air. Penguapan dan pengembunan berlangsung bersamaan sehingga jumlah air dalam sistem tetap. Dalam kondisi ini jumlah air yang menguap sama dengan jumlah uap air yang mengembun (laju penguapan sama dengan laju pengembunan). Laju pembentukan produk yang sama dengan laju pembentukan reaktan disebut keadaan setimbang.

## C. Kestimbangan Dinamis

Keadaan setimbang terjadi apabila suatu reaksi terjadi bolak-balik, berlangsung dalam sistem tertutup, dan bersifat dinamis. Reaksi kesetimbangan air dan uap air dalam sistem tertutup dapat dituliskan sebagai berikut.



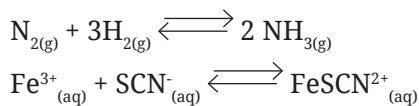
Secara makroskopis, dalam kesetimbangan tidak terjadi perubahan-perubahan yang dapat dilihat ataupun diukur. Akan tetapi, secara mikroskopis reaksi akan terus berlangsung ke arah produk dan ke arah reaktan dengan kecepatan sama. Reaksi kesetimbangan mikroskopis yang berlangsung terus-menerus disebut kesetimbangan dinamis. Kesetimbangan dapat terjadi secara terus berlangsung karena suhu tetap tekanan uap air jenuh tidak berubah.

## D. Kestimbangan Homogen dan Heterogen

Reaksi kimia dapat berlangsung melalui fase padat, cair, gas, atau larutan berdasarkan fase zat-zat dalam kesetimbangan. Oleh karena itu, kesetimbangan kimia dibedakan menjadi kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen. Penjelasan kedua jenis kesetimbangan tersebut sebagai berikut.

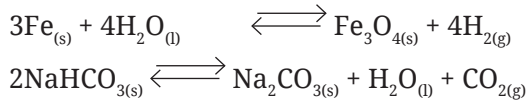
### 1. Kestimbangan Homogen

Kesetimbangan homogen terjadi apabila dalam reaksi kesetimbangan hanya terdiri atas zat-zat dengan fase sama. Contoh kesetimbangan homogen sebagai berikut.



### 2. Kestimbangan Heterogen

Kesetimbangan heterogen terjadi apabila zat-zat dalam reaksi kesetimbangan memiliki fase berbeda. Contoh kesetimbangan heterogen sebagai berikut.



Apabila dilakukan aksi, baik pada kesetimbangan homogen maupun heterogen akan terjadi pergeseran kesetimbangan. Materi ini akan kita pelajari pada kegiatan pembelajaran berikutnya.



### Aktivitas 9.1

## Mempelajari Kesetimbangan Dinamis

### Alat dan Bahan:

Tabung reaksi pyrex, pemanas spiritus, statif dan klem, tabung reaksi kecil, erlenmeyer, sumbat karet, dan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD), seperti jas praktikum, masker kaca mata pelindung, dan sarung tangan. Bekerjalah dengan hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

### Langkah Kerja:

1. Masukkan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  ke dalam tabung reaksi, selanjutnya susunlah seperti pada gambar.
2. Panaskan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  sehingga terbentuk gas berwarna coklat ( $\text{NO}_2$ ).
3. Ambil dua tabung reaksi kecil yang telah berisi campuran gas dan sumbat dengan karet. Amatilah perubahan warna gas.
4. Panaskan salah satu tabung yang berisi gas tadi dan amati warnanya.

### Tugas Mandiri

Buatlah laporan hasil percobaan yang telah kamu lakukan.

## E. Pergeseran Kesetimbangan

Dalam sistem kesetimbangan, reaksi ke arah zat hasil dan ke arah pereaksi terus berlangsung dengan kecepatan sama. Sistem kesetimbangan cenderung mempertahankan agar keadaannya tetap setimbang. Apabila dilakukan aksi terhadap sistem kesetimbangan, maka sistem akan melakukan reaksi agar sistem segera setimbang lagi. Hubungan antara aksi dari luar dengan reaksi yang timbul dalam sistem kesetimbangan dirumuskan oleh seorang ahli kimia bangsa Prancis bernama Henry Louis Le Chatelier



Gambar 9.2 Henry Louis Le Chatelier

Sumber: Semion Zhutovsky/  
researchgate.net (2010)

(1852– 936) pada tahun 1888. Hubungan aksi dengan reaksi ini dikenal dengan asas Le Chatelier, yang menyatakan bahwa:

*“Jika pada sistem kesetimbangan diberikan aksi, maka sistem akan berubah sedemikian rupa sehingga pengaruh aksi itu sekecil mungkin.”*

Adapun beberapa aksi yang dapat menimbulkan perubahan sistem kesetimbangan antara lain perubahan konsentrasi, perubahan volume/tekanan, dan perubahan suhu.

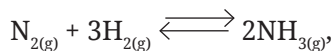
## F. Faktor–Faktor yang Memengaruhi Pergeseran Kesetimbangan

Pergeseran kesetimbangan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

### 1. Perubahan Konsentrasi

Apabila dalam keadaan sistem kesetimbangan konsentrasi salah satu zat ditambah, maka sistem akan berusaha untuk menghilangkan pengaruh penambahan zat tersebut dengan menggeser kesetimbangan dari arah penambahan ke arah yang lain. Sebaliknya, apabila konsentrasi salah satu zat dikurangi, sistem akan berusaha untuk menghilangkan pengaruh pengurangan tersebut dengan cara menggeser kesetimbangan ke arah pengurangan.

Sebagai contoh, pada reaksi pembuatan amonia menurut reaksi berikut.



Apabila konsentrasi  $\text{N}_2$  atau  $\text{H}_2$  ditambah, maka kesetimbangan akan bergeser dari arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  ke arah  $\text{NH}_3$ . Dengan demikian, jumlah  $\text{NH}_3$  bertambah dan akan menjadi setimbang lagi. Sebaliknya, apabila konsentrasi  $\text{N}_2$  atau  $\text{H}_2$  dikurangi maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Dengan demikian,  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  bertambah, sehingga sistem menjadi setimbang lagi.

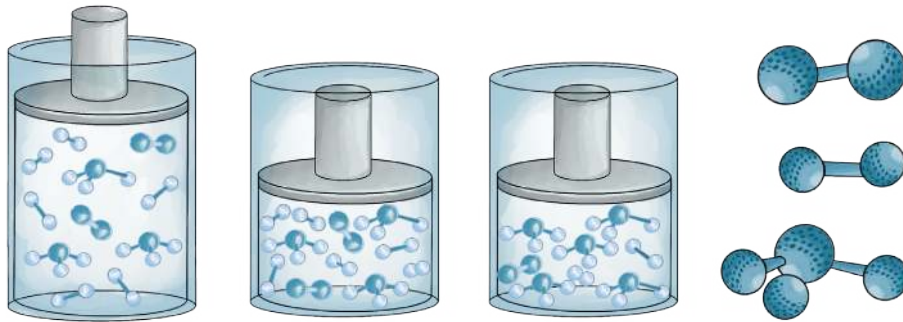
### 2. Perubahan Tekanan/Volume

Reaksi-reaksi dalam fase gas sangat dipengaruhi oleh perubahan tekanan/volume. Perubahan tekanan berbanding terbalik dengan perubahan volume. Memperbesar tekanan berarti memperkecil volume. Sebaliknya, memperkecil tekanan berarti memperbesar volume. Apabila tekanan diperbesar dan volume diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya lebih kecil.



Apabila tekanan diperbesar dan volume diperkecil, maka kesetimbangan bergeser ke arah yang jumlah koefisiennya kecil, yaitu ke arah  $\text{NH}_3$  (kanan). Kondisi demikian berarti jumlah  $\text{NH}_3$  bertambah, sedangkan jumlah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  berkurang hingga tercapai kesetimbangan baru.





Gambar 9.3 Ketika tekanan diperbesar/volume diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah jumlah molekul sedikit.

Sumber: McMurry/Chemistry (2001)

Bagaimana apabila jumlah koefisien zat-zat di ruas kiri dan kanan sama? Apa yang akan terjadi? Perubahan tekanan/volume tidak memengaruhi kesetimbangan kimia yang jumlah koefisien di ruas kiri dan kanan sama. Dengan demikian, kesetimbangan tidak bergeser.

**Contoh,** pada kesetimbangan  $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HCl}_{(g)}$

Jumlah koefisien ruas kiri dan kanan sama, yaitu 2. Apabila tekanan terhadap kesetimbangan tersebut diperbesar/volume diperkecil, maka kesetimbangan tidak mengalami pergeseran.

### 3. Perubahan Suhu

Hubungan perubahan suhu dengan kesetimbangan kimia dirumuskan oleh Van't Hoff (1852–1911) dari Belanda sebagai berikut.

*“Apabila dalam kesetimbangan kimia yang sedang berlangsung suhu sistem dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi endoterm. Sebaliknya, apabila suhu diturunkan kesetimbangan akan bergeser ke arah reaksi eksoterm.”*

Teori Van't Hoff ini sesuai asas Le Chatelier. Apabila terhadap sistem kesetimbangan dilakukan aksi (suhu dinaikkan), maka sistem bereaksi menurunkan suhu dengan cara menyerap kalor dari lingkungan. Dengan demikian, reaksi endoterm berlangsung lebih cepat daripada reaksi eksoterm hingga akhirnya terjadi kesetimbangan baru.

**Contoh:**  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}, \Delta H = -92 \text{ kJ}$

- Apabila suhu dinaikkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm. Dalam reaksi ini ke arah kiri ( $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  bertambah).



- Apabila suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksoterm. Dalam reaksi ini ke arah kanan ( $\text{NH}_3$  bertambah).

Penambahan katalisator ke dalam reaksi *reversible* dapat mempercepat terjadinya kesetimbangan. Apabila katalisator ditambahkan ke dalam sistem kesetimbangan, katalisator akan mempercepat reaksi ke arah produk dan ke arah reaktan. Dengan demikian, penambahan katalisator ke dalam sistem kesetimbangan tidak mengakibatkan pergeseran kesetimbangan.



### Aktivitas 9.2

#### Mempelajari Asas Le Chatelier

##### Alat dan Bahan:

- |                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| • Tabung reaksi     | • Larutan $\text{FeCl}_3$ 1 M       |
| • Rak tabung reaksi | • Larutan KSCN 1 M                  |
| • Gelas kimia       | • Kristal $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ |
| • Gelas ukur        | • Air/aquades                       |

##### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD), seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung, dan sarung tangan. Bekerjalah dengan hati-hati dan ikutilah petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

##### Langkah Kerja:

1. Masukkan 50 ml aquades ke dalam gelas kimia.
2. Tambahkan 3 tetes larutan KSCN 0,1 M dan  $\text{FeCl}_3$  0,1 M dalam tiap-tiap aquades, kemudian aduklah hingga warna tetap.
3. Bagilah larutan tersebut ke dalam 5 tabung reaksi dengan sama banyak. Gunakan tabung reaksi 5 sebagai pembanding.
4. Tambahkan berturut-turut ke dalam:
  - a. Tabung 1 dengan 2 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  1 M
  - b. Tabung 2 dengan 2 tetes larutan larutan KSCN 1 M
  - c. Tabung 3 dengan 2 butir kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
  - d. Tabung 4 dengan 5 ml aquades
5. Bandingkan warna pada tabung 1, 2, 3 dan 4 dengan warna tabung 5 dengan melihat dari atas.
6. Catatlah hasil pengamatan pada tabel pengamatan.

## G. Tetapan Kesetimbangan

### 1. Tetapan Kesetimbangan Berdasar Konsentrasi

Pada tahun 1866, dua ahli kimia Norwegia, yaitu Cato Maximilian Guldberg (1836–1902) dan Peter Wage (1833–1900) melakukan pengamatan terhadap sejumlah reaksi kesetimbangan. Mereka mengajukan postulat yang menyatakan

*“Jika hasil kali zat hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibanding hasil kali konsentrasi zat pereaksi yang dipangkatkan koefisiennya maka akan diperoleh perbandingan yang tetap.”*

Untuk kesetimbangan  $pA + qB \rightleftharpoons mC + nD$ . Maka perbandingan:

$$Q = \frac{[C]^m [D]^n}{[A]^p [B]^q} \text{ diperoleh harga tetap.}$$

Rumusan itu disebut **Hukum Kesetimbangan**. Hasil perbandingan ini disebut tetapan kesetimbangan kimia yang dinyatakan dengan notasi K.

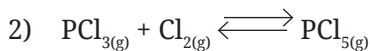
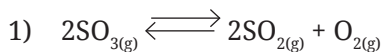
**Contoh:** Pada kesetimbangan  $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$ , maka tetapan kesetimbangannya dirumuskan sebagai berikut.

$$K = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]}$$

Harga tetapan kesetimbangan untuk tiap-tiap reaksi tidak sama. Reaksi kesetimbangan tertentu memiliki harga tetapan kesetimbangan tetap pada suhu yang tetap pula. Harga K berubah apabila suhunya berubah.

**Contoh Soal:**

Tuliskan rumus Kc untuk kesetimbangan berikut.



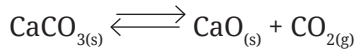
**Jawaban:**

1)  $K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$

2)  $K_c = \frac{[PCl_5]}{[PCl_3][Cl_2]}$

Untuk kesetimbangan heterogen, konsentrasi zat padat dan zat cair adalah tetap meskipun terjadi perubahan volume maupun suhu. Oleh karena itu, perhitungan aljabar perkalian, pembagian, dan pemangkatan konsentrasi zat padat dan zat cair merupakan harga tetap. Dengan demikian, konsentrasi zat padat dan zat cair tidak ikut menentukan harga Kc.

**Contoh:** Pada reaksi kesetimbangan berikut.



$$K = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]} \text{ karena } [\text{CaO}] \text{ dan } [\text{CaCO}_3] \text{ tetap, maka:}$$

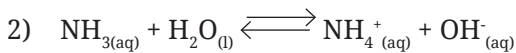
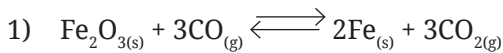
$$K = \frac{[\text{CaO}]}{[\text{CaCO}_3]} \cdot [\text{CO}_2]$$

$$K = K' [\text{CO}_2]$$

$$K = [\text{CO}_2]$$

**Contoh Soal:**

Tuliskan rumus Kc untuk kesetimbangan berikut.



**Jawaban:**

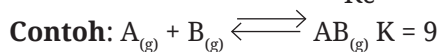
$$1) K_c = \frac{[\text{CO}_2]^3}{[\text{CO}]^3}$$

$$2) K_c = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

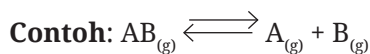
### a. Manipulasi Tetapan Kesetimbangan

Apabila pada reaksi kesetimbangan diberi perlakuan tertentu, akan terjadi persamaan reaksi kesetimbangan yang menggambarkan reaksi tersebut mengalami operasi tertentu seperti pembalikan arah reaksi, penjumlahan atau perkalian. Oleh karena itu, untuk menentukan tetapan kesetimbangan dapat dilakukan manipulasi.

- 1) Apabila reaksi dibalik, maka harga tetapan kesetimbangan dari reaksi kebalikannya adalah  $K' = \frac{1}{K}$ .



$$K = \frac{[\text{AB}]}{[\text{A}][\text{B}]} = 9. \text{ maka bila reaksi dibalik}$$



$$K' = \frac{[\text{A}][\text{B}]}{[\text{AB}]} = \frac{1}{K} = \frac{1}{9}$$

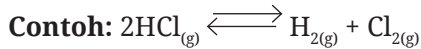
- 2) Apabila reaksi dijumlahkan, maka harga tetapan kesetimbangan dari hasil penjumlahan adalah  $K' = K_1 \times K_2$ .

- 3) Apabila reaksi dikalikan dengan bilangan n, maka harga tetapan kesetimbangannya menjadi  $K' = (K)^n$ .

Demikian pula, apabila reaksi dibagi dengan bilangan n, sama saja dikalikan  $\frac{1}{n}$ , sehingga harga K menjadi  $K' = (K)^{1/n}$ .

### b. Disosiasi

Disosiasi adalah peristiwa penguraian suatu zat menjadi beberapa zat lain yang lebih sederhana dan peristiwa penguraiannya merupakan kesetimbangan.



Setiap peristiwa penguraian/disosiasi memiliki derajat disosiasi ( $\alpha$ ) tertentu. Derajat disosiasi ( $\alpha$ ) adalah perbandingan mol zat yang terdisosiasi dengan mol zat mula-mula.

$$\alpha = \frac{\text{mol terdisosiasi}}{\text{mol mula-mula}}$$

Harga derajat disosiasi =  $0 < \alpha < 1$

### Contoh Soal:

Dalam ruang tertutup yang volumenya 1 liter sebanyak 2 mol gas  $\text{SO}_3$  dibiarkan terurai menurut reaksi berikut.

$2\text{SO}_{3(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)}$ . Apabila saat setimbang masih didapatkan 0,8 mol  $\text{O}_2$ , tentukan:

- 1) Derajat disosiasi
- 2) Tetapan kesetimbangan



mula – mula: 2

terurai	:	1,6	1,6	0,8
setimbang	:	0,4	1,6	0,8

$$\alpha = \frac{\text{mol terurai}}{\text{mol mula – mula}} = \frac{1,6}{2} = 0,8$$

$$\begin{aligned} K &= \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \\ &= \left[ \frac{1,6}{1} \right]^2 \left[ \frac{0,8}{1} \right] \\ &= \frac{1,6 \times 1,6 \times 0,8}{0,16} \\ &= 16 \times 0,8 \end{aligned}$$

$$K = 12,8$$

### c. Mengetahui Banyak Sedikitnya Hasil Reaksi

Harga tetapan kesetimbangan merupakan perbandingan konsentrasi zat hasil dipangkatkan koefisiennya dengan konsentrasi pereaksi dipangkatkan koefisiennya, maka dapat diketahui apabila harga K besar berarti hasil reaksinya banyak dan bila harga K kecil berarti hasil reaksinya sedikit.

## 2. Tetapan Kesetimbangan Berdasar Tekanan (Kp)

Tetapan kesetimbangan yang melibatkan gas-gas saja dapat dinyatakan dari harga tekanan parsial gas masing-masing. Dengan diketahui tekanan ruangan, maka tekanan parsial masing-masing gas dapat ditentukan. Misalnya, kesetimbangan gas yang terdiri atas gas A, gas B, gas C, dan gas D, maka tekanan parsial masing-masing gas sebagai berikut.

$$p_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

$$p_B = \frac{\text{mol B}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

$$p_C = \frac{\text{mol C}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

$$p_D = \frac{\text{mol D}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

**Contoh:** Untuk kesetimbangan:  $mA_{(g)} + nB_{(g)} \rightleftharpoons xC_{(g)} + yD_{(g)}$  maka tetapan kesetimbangan berdasar tekanan dapat ditentukan dengan rumus:

$$K_p = \frac{[p_C]^x [p_D]^y}{[p_A]^m [p_B]^n}$$

Berdasarkan persamaan gas ideal

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

Dengan

$K_p$  = tetapan kesetimbangan berdasar tekanan

$K_c$  = tetapan kesetimbangan berdasar konsentrasi

$R$  = 0,082

$T$  = suhu mutlak

$\Delta n$  = (jumlah koefisien ruas kanan) – (jumlah koefisien ruas kiri)

Dari rumus hubungan  $K_p$  dan  $K_c$  dapat disimpulkan bila jumlah koefisien gas ruas kanan dan ruas kiri sama, maka  $\Delta n = 0$ , ini berarti  $K_p = K_c$ .

**Contoh Soal:**

Dalam ruang tertutup pada suhu 27°C terdapat dalam keadaan setimbang 0,4 mol gas SO<sub>2</sub>, 0,6 mol gas O<sub>2</sub>, dan 0,5 mol gas SO<sub>3</sub> menurut reaksi berikut.

$2 \text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{SO}_{3(g)}$ . Apabila tekanan ruang adalah 1,5 atm, tentukan:

- 1) K<sub>p</sub>
- 2) K<sub>c</sub>

**Jawaban:**

1) Mol total = 0,4 + 0,6 + 0,5 = 1,5 mol

$$\begin{aligned} p &= \\ p_{\text{SO}_2} &= \frac{\text{mol SO}_2}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}} = \frac{0,4}{1,5} \times 1,5 = 0,4 \text{ atm} \\ p_{\text{O}_2} &= \frac{\text{mol O}_2}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}} = \frac{0,6}{1,5} \times 1,5 = 0,6 \text{ atm} \\ p_{\text{SO}_3} &= \frac{\text{mol SO}_3}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}} = \frac{0,5}{1,5} \times 1,5 = 0,5 \text{ atm} \\ K_p &= \frac{[p_{\text{SO}_3}]^2}{[p_{\text{SO}_2}]^2 [p_{\text{O}_2}]} = \frac{[0,5]^2}{[0,4]^2 [0,6]} = 2,604 \text{ atm}^{-1} \end{aligned}$$

2)  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

$$2,600 = K_c (0,082 \cdot 300)^{2-(2+1)}$$

$$2,600 = K_c (0,082 \cdot 300)^{-1}$$

$$2,600 = K_c (24,6)^{-1}$$

$$2,604 = \frac{K_c}{24,6}$$

$$K_c = 2,604 \cdot 24,6$$

$$= 64,0584$$

## H. Kestimbangan Kimia dalam Industri

Pada bagian ini kita akan mempelajari tentang proses pembuatan amonia (NH<sub>3</sub>) dan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Pada proses pembuatan NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> melibatkan reaksi kesetimbangan yang merupakan tahap terpenting dalam proses tersebut.

## 1. Pembuatan Amonia dengan Proses Haber–Bosch

Amonia merupakan gas yang tidak berwarna, berbau menyengat, dan sangat mudah larut dalam air. Amonia merupakan senyawa penting dalam industri kimia. Orang pertama yang berhasil mensintesis amonia ( $\text{NH}_3$ ) dari gas nitrogen dan gas hidrogen adalah Fritz Haber (1868 – 1934) dari Jerman. Proses ini disampaikan oleh Karl Bosch (1874–1949) dari Jerman. Proses pembuatan amonia dari nitrogen dan hidrogen disebut proses Haber–Bosch.

Gas nitrogen dengan gas hidrogen hanya bereaksi pada suhu tinggi dan berlangsung secara eksoterm. Oleh karena reaksinya berlangsung *reversible*, maka perlu diperhatikan faktor-faktor yang dapat memengaruhi kesetimbangan.

Reaksi  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$   $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ . Untuk memperoleh amonia sebanyak-banyaknya, digunakan asas Le Chatelier agar kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$ .

### a. Pengaruh Konsentrasi

Agar kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$  maka konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  diperbesar. Dengan penambahan konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , reaksi menjadi lebih cepat dan  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan makin banyak.

### b. Pengaruh Tekanan

Pada kesetimbangan di atas, terlihat jumlah partikel (jumlah koefisien) di ruas kiri lebih besar daripada ruas kanan. Agar kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$ , maka tekanan harus diperbesar (200–400 atm).

### c. Pengaruh Suhu

Reaksi antara  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  membentuk  $\text{NH}_3$  berlangsung secara eksoterm, sehingga faktor suhu sangat berperan dalam proses ini. Apabila suhu dinaikkan kesetimbangan bergeser ke arah endoterm, yaitu ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Akibatnya,  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan sedikit. Pada suhu rendah (suhu diturunkan) kesetimbangan bergeser ke arah eksoterm, yaitu ke arah  $\text{NH}_3$  tetapi reaksi berlangsung lambat. Oleh karena itu, proses ini tetap dilakukan dengan suhu tinggi ( $\pm 500^\circ\text{C}$ ) dan diimbangi dengan tekanan tinggi. Dengan suhu dan tekanan tinggi, memungkinkan reaksi pembuatan amonia dapat berlangsung cepat dan menghasilkan lebih banyak.



Gambar 9.4 Fritz Haber

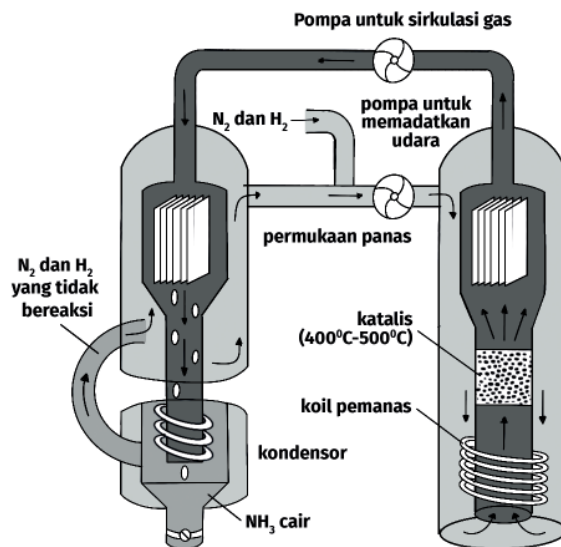
Sumber: In Great Chemists/  
Bonhoeffer, K.R. (1961)

#### d. Pengaruh Katalisator

Agar kesetimbangan cepat tercapai maka digunakan katalisator serbuk besi yang diberi promotor  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{K}_2\text{O}$ . Reaktor katalis dalam proses ini telah dilengkapi dengan katalisator tersebut.

Secara umum, industri amonia melalui proses sebagai berikut.

- Mencampurkan gas  $\text{N}_2$  yang diperoleh dari udara dan gas  $\text{H}_2$  yang diperoleh dari reaksi antara gas metana  $\text{CH}_4$  dengan air. Campuran gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  dengan perbandingan 3 : 1 dialirkan melalui pompa bertekanan tinggi ke dalam tabung pemurnian gas.
- Gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$  hasil pemurnian dialirkan ke dalam reaktor katalis yang telah dilengkapi dengan katalisator. Dalam reaktor ini terjadi reaksi antara  $\text{N}_2$  dengan  $\text{H}_2$  yang menghasilkan  $\text{NH}_3$ .
- Gas  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan dari dalam reaktor katalis masih bercampur dengan gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  yang dialirkan melalui kondensator (pendingin). Oleh karena titik didih  $\text{NH}_3$  lebih tinggi dari  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , maka  $\text{NH}_3$  segera mengembun menjadi cair dan ditampung dalam bejana penampungan. Gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  dipisahkan untuk didaur ulang pada proses selanjutnya. Proses tersebut dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut.



Gambar 9.5 Reaksi pembuatan  $\text{NH}_3$ .

Selama proses pembuatan berlangsung, gas nitrogen dan hidrogen ditambahkan terus ke dalam campuran reaksi dalam reaktor katalis dan  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan terus dipisahkan. Proses Haber–Bosch merupakan proses penting dalam industri kimia. Hal tersebut karena gas  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan memiliki banyak kegunaan, misalnya untuk membuat pupuk garam-garam nitrat dan berbagai senyawa nitrogen lainnya.



## 2. Pembuatan Asam Sulfat Dengan Proses Kontak

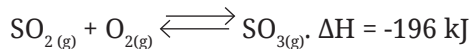
Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) merupakan asam kuat yang bersifat korosif. Selain digunakan sebagai elektrolit dalam aki, asam sulfat digunakan untuk membuat berbagai produk. Misalnya, pupuk, bahan peledak, detergen, zat warna, dan zat kimia lainnya. Proses kontak merupakan salah satu proses pembuatan asam sulfat yang banyak dilakukan dalam industri. Pada dasarnya proses kontak terdiri atas tiga tahap berikut.

### a. Pembentukan $\text{SO}_2$

Pada tahap ini belerang dipanaskan hingga cair. Belerang cair kemudian direaksikan dengan oksigen dari udara dalam dapur pemanasan sehingga terjadi reaksi:  $\text{S}_{(l)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{SO}_{2(g)}$ .

### b. Pembentukan $\text{SO}_3$

Gas  $\text{SO}_2$  yang dihasilkan dialirkan ke dalam reaktor yang diberi katalisator  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Selanjutnya, gas tersebut dipanaskan dan direaksikan dengan oksigen. Pada proses ini terjadi reaksi kesetimbangan dan berlangsung eksotermis berikut.



Untuk memperoleh asam sulfat sebanyak-banyaknya sesuai asas Le Chatelier, konsep kesetimbangan perlu diterapkan. Agar kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{SO}_3$ , proses ini perlu dilakukan menggunakan tekanan tinggi dan suhu rendah. Akan tetapi, pada suhu rendah reaksi berlangsung lambat. Untuk mengatasinya, digunakan katalisator  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Dari hasil penelitian, suhu optimum untuk proses kontak dilakukan adalah antara  $400^\circ\text{C}$ – $450^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm.

### c. Pembentukan $\text{H}_2\text{SO}_4$

Gas  $\text{SO}_3$  yang dihasilkan pada tahap 2 direaksikan dengan air membentuk  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  $\text{SO}_{3(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_{4(l)}$ . Pada proses ini dihasilkan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan kadar yang cukup tinggi, yaitu antara 97%–99%.



### Aktivitas 9.3

#### Tugas Mandiri

Untuk lebih memahami penerapan kesetimbangan kimia dalam industri, carilah informasi tentang proses pembuatan asam sulfat dengan proses kamar timbal serta pembuatan gas klor dengan proses deacon. Carilah informasi dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal, atau internet. Buatlah laporan hasil observasi dan informasi yang kamu peroleh.



## Rangkuman

1. Reaksi *irreversible* adalah reaksi yang berlangsung satu arah atau tidak dapat balik sehingga zat hasil tidak kembali menjadi reaktan.
2. Reaksi *reversible* adalah reaksi yang berlangsung dua arah/bolak-balik.
3. Keadaan kesetimbangan adalah keadaan dimana kecepatan reaksi pembentukan zat-zat produk sama dengan kecepatan reaksi pembentukan zat-zat reaktan.
4. Kesetimbangan dinamis artinya reaksi berlangsung terus-menerus dari dua arah yang berlawanan, tidak terjadi perubahan makroskopis, namun selalu terjadi perubahan mikroskopis dan dicapai pada sistem tertutup.
5. Beberapa faktor yang dapat mengganggu letak kesetimbangan antara lain perubahan konsentrasi, perubahan tekanan, perubahan volume, dan perubahan suhu.
6. Tetapan kesetimbangan kimia adalah suatu nilai tetapan dari reaksi kesetimbangan yang merupakan perbandingan konsentrasi produk terhadap konsentrasi pereaksi, masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya.



## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Pada reaksi  $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)}$ ,  $\Delta H = -92,2 \text{ kJ}$ , apa yang terjadi apabila:
  - a. Konsentrasi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  ditambah.
  - b.  $\text{NH}_3$  yang telah terbentuk dipisahkan.
  - c. Tekanan dinaikkan.
  - d. Suhu diturunkan.
  - e. Volume diperbesar.
2. Pada peruraian  $\text{NH}_4\text{Cl}$  menurut reaksi  $\text{NH}_4\text{Cl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{NH}_{3(g)} + \text{HCl}_{(g)}$ . Bila pada kesetimbangan terdapat 0,4 mol  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan 0,2 mol  $\text{NH}_3$ . Berapakah derajat disosiasinya?
3. Pada ruang 2 liter 1 mol HI terurai menurut reaksi:  
 $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$ . Bila derajat disosiasi  $\alpha = 0,4$ . Berapakah harga tetapan kesetimbangan reaksi tersebut?
4. Dalam ruang 2 liter sebanyak 4 mol HI terurai dengan derajat disosiasi 0,5 menurut reaksi  $2\text{HI}_{(g)} \rightleftharpoons \text{H}_{2(g)} + \text{I}_{2(g)}$ . Apabila saat kesetimbangan tekanan total adalah 2,4 atm, berapakah harga:
  - a.  $K_p$
  - b.  $K_c$

5. a. Tuliskan reaksi yang terjadi pada proses kontak!  
b. Hal-hal apa saja yang perlu dilakukan agar pembuatan asam sulfat lebih menguntungkan?



### Pengayaan

Jawablah soal-soal berikut dengan benar!

1. Dalam ruang 1 L dimasukkan 4 mol HCl lalu terurai menurut reaksi! Jika tetapan keseimbangan untuk reaksi  $2A + 2B \rightleftharpoons 4C$  adalah 0,04, hitunglah tetapan keseimbangan untuk reaksi  $2C \rightleftharpoons A + B$ !



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi kesetimbangan kimia yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri!
2. Adakah ide, materi atau pendapat dari gurumu tentang kesetimbangan kimia yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama tentang kesetimbangan kimia yang kamu pelajari dan menurutmu penting untuk terus dipelajari sebagai dasar mempelajari Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri.
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam diri kamu yang ingin kamu lakukan setelah memperoleh materi pada bab ini.

KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Matra pendidikan.com, (2022)

## Bab 10

# Sifat Koligatif Larutan

Apakah yang terjadi saat kamu merebus air hingga mendidih?



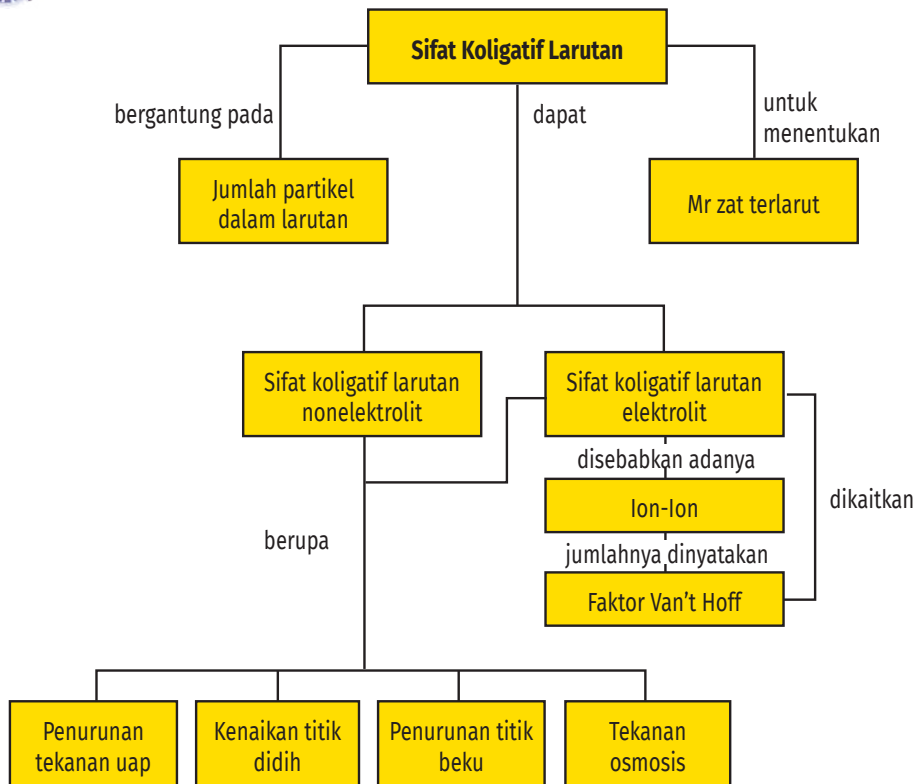
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi bab ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan pengertian sifat koligatif larutan;
- menjelaskan pengaruh zat terlarut terhadap sifat koligatif larutan;
- menghitung penurunan tekanan uap jenuh larutan elektrolit dan nonelektrolit;
- menghitung kenaikan titik didih larutan elektrolit dan nonelektrolit;
- menentukan harga  $M_r$  zat terlarut berdasarkan persamaan kenaikan titik didih larutan;
- menghitung penurunan titik beku larutan elektrolit dan nonelektrolit;
- menentukan tekanan osmotik larutan elektrolit dan nonelektrolit; serta
- endeskripsikan penerapan sifat koligatif larutan dalam kehidupan sehari-hari.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Sifat Koligatif, Fraksi Mol, Molalitas, Molaritas, Penurunan Tekanan Uap, Kenaikan Titik Didih, Penurunan Titik Beku, Tekanan Osmosis

Cobalah kamu merebus air. Berapa °C suhu air saat mendidih? Bagaimana bila air yang direbus diberi gula, apakah mendidih pada suhu yang sama? Titik didih air dengan titik didih larutan tentu tidak sama, adanya zat terlarut akan menaikkan titik didih. Mengapa demikian? Marilah kita pelajari materi dalam bab ini.



Gambar 10.1 Air Mendidih

Sumber: Rizky Wahyu Permana/merdeka.com (2019)

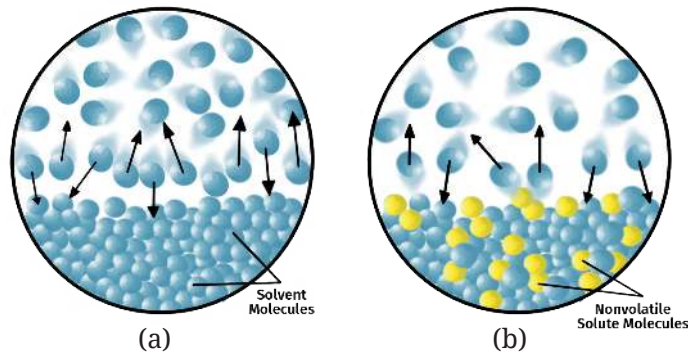
Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang sifat-sifat fisik larutan yang tergolong dalam sifat koligatif larutan seperti penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis. Sebelum mempelajari sifat koligatif larutan, kamu harus mengingat kembali materi konsentrasi larutan yang telah kamu pelajari sebelumnya. Sifat koligatif larutan dipengaruhi oleh konsentrasi partikel zat terlarut. Partikel zat terlarut ada yang berupa molekul dan ada yang berupa ion-ion, sehingga sifat koligatif larutan nonelektrolit berbeda dengan sifat koligatif larutan elektrolit.

## A. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Sifat koligatif larutan tidak tergantung pada interaksi antara molekul pelarut dan zat terlarut, tetapi tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan. Sifat koligatif larutan terdiri atas penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis.

### 1. Penurunan Tekanan Uap ( $\Delta P$ )

Bila zat yang dilarutkan tidak mudah menguap, maka yang menguap adalah pelarutnya. Dengan demikian, adanya zat terlarut menyebabkan partikel pelarut yang menguap menjadi berkurang sehingga terjadi penurunan tekanan uap. Dengan kata lain, tekanan uap larutan lebih rendah dibandingkan tekanan uap pelarut murninya.



Gambar 10.2 Penguapan partikel (a) pelarut murni (b) larutan.

Penurunan tekanan uap yang terjadi merupakan selisih dari tekanan uap jenuh pelarut murni ( $P^0$ ) dengan tekanan uap larutan ( $P$ ).

$$\Delta P = P^0 - P$$

Tekanan uap larutan ideal dapat dihitung berdasarkan *hukum* Raoult “Tiap komponen dalam sebuah larutan melakukan tekanan yang sama dengan fraksi mol kali tekanan uap dari komponen (pelarut) murni”.

$$\Delta P = X_t \times P^0$$

Keterangan:  $\Delta P$  = penurunan tekanan uap  
 $x_p$  = fraksi mol pelarut  
 $x_t$  = fraksi mol terlarut  
 $P^0$  = tekanan uap jenuh pelarut murni  
 $P$  = tekanan uap larutan

### Contoh Soal:

Sebanyak 684 gram sukrosa  $C_{12}H_{22}O_{11}$  dilarutkan dalam 900 gram air (Ar C = 12, H = 1, O = 16).

Hitunglah tekanan uap larutan yang terjadi bila tekanan uap air jenuh adalah 31,80 mmHg.

### Jawaban:

$$\text{Mol } C_{12}H_{22}O_{11} = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{684}{342} = 2 \text{ mol}$$

$$\text{Mol } H_2O = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} = \frac{900}{18} = 50 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{Sukrosa}} &= \frac{\text{mol sukrosa}}{\text{mol sukrosa} + \text{air}} \\
 &= \frac{2}{2 + 50} \\
 &= 0,038 \\
 \Delta P &= X_t \cdot P^0 \\
 &= 0,038 \cdot 31,80 \\
 &= 0,21 \\
 P &= P^0 - \Delta P \\
 &= 31,8 - 0,21 \\
 &= 30,59 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

## 2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Zat terlarut selain memengaruhi tekanan uap juga memengaruhi titik didih dan titik beku. Bagaimana pengaruh adanya zat terlarut terhadap titik didih dan titik beku larutan? Marilah kita pelajari materi berikut ini.

### a. Kenaikan Titik Didih ( $\Delta T_b$ )

Kamu tentu telah mengetahui bahwa titik didih air adalah 100°C. Titik didih tersebut adalah titik didih normal yang diukur pada tekanan 760 mmHg. Apakah titik didih air di dataran rendah dan di puncak gunung juga sama? Di puncak gunung tekanan udara luar lebih rendah sehingga untuk menyamakan tekanan uap jenuh zat cair yang dididihkan lebih cepat tercapai. Hal ini berarti titik didihnya lebih rendah.

$$\Delta T_b = T_b \text{ larutan} - T_b \text{ pelarut}$$

Hukum sifat koligatif dapat diterapkan untuk memperkirakan titik didih larutan dengan zat terlarut nonelektrolit dan tidak mudah menguap. Dari suatu eksperimen diperoleh bahwa 1 mol zat terlarut nonelektrolit yang tidak mudah menguap tiap 100 gram air akan menaikkan titik didih kira-kira 0,51°C. Untuk membandingkan titik didih beberapa pelarut berikut ini disajikan data titik didih dan tetapannya ( $K_b$ ).



Gambar 10.3 Air mendidih pada suhu 100 °C.

Sumber: ThoughtCo/kumparan.com (2017)



**Tabel 10.1 Tetapan Titik Didih Beberapa Pelarut**

Pelarut	Titik Didih (°C)	$K_b$ °C/m
Asam asetat	117,90	3,07
Benzena	80,10	2,53
Kamfor	207,42	5,61
Etil eter	34,51	2,02
Nitrobenzena	210,80	5,24
Fenol	181,75	3,56
Air	100,00	0,512

Perubahan titik didih pelarut murni menjadi larutan, ( $\Delta T_b$ ), berbanding lurus dengan molalitas dari larutan tersebut.

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

Keterangan:  $\Delta T_b$  = kenaikan titik didih  
 $m$  = molalitas  
 $K_b$  = kenaikan titik didih molal pelarut

**Contoh Soal:**

Sebanyak 36 gram glukosa  $C_6H_{12}O_6$  dilarutkan dalam 500 gram air ( $A_r C = 12$ ,  $H = 1$ ,  $O = 16$   $K_b$  air =  $0,52^\circ C/m$ ). Perkirakan titik didih larutan yang terjadi!

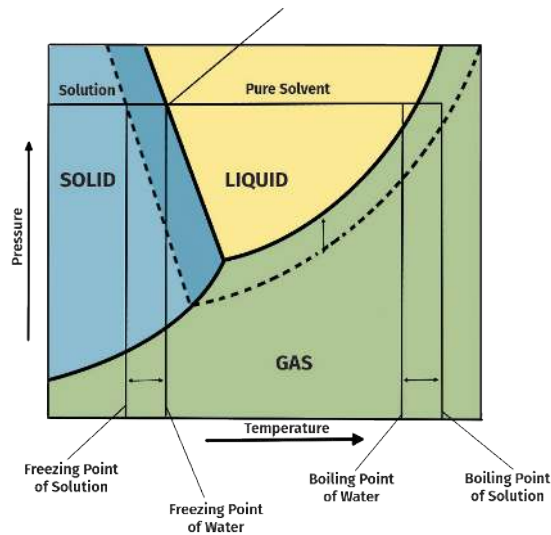
**Jawaban:**

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \times K_b \\ &= \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{p} \times K_b \\ &= \frac{36}{180} \times \frac{1000}{500} \times 0,52 \\ &= 0,208^\circ C \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik didih larutan} &= T_b \text{ Pelarut} + \Delta T_b \\ &= 100 + 0,208 \\ &= 100,208^\circ C \end{aligned}$$

**b. Penurunan Titik Beku ( $\Delta T_f$ )**

Setelah kamu mempelajari kenaikan titik didih, tentunya kamu dapat menentukan konsentrasi dan  $M_r$  suatu zat yang belum diketahui. Untuk lebih meyakinkanmu dapat menggunakan kenaikan titik didih dan penurunan titik beku secara bersamaan, perhatikan diagram P-T (*Pressure-Temperature*) berikut.



Gambar 10.4 Diagram hubungan tekanan dan temperatur.

Sumber: Silberg Chemistry The molecular nature of Matter and Change. McGraw Hill, (2006)

Pada diagram di atas ditunjukkan adanya pengaruh penurunan tekanan uap jenuh larutan terhadap titik didih dan titik beku larutan. Penurunan tekanan uap jenuh mengakibatkan penurunan titik beku. Larutan akan membeku pada suhu di bawah titik beku pelarut.



Gambar 10.5 Mengawetkan ikan menggunakan es.

Sumber: Medical News Today/kompas.com (2022)

Besarnya penurunan titik beku larutan merupakan selisih antara titik beku pelarut dan titik beku larutan.

$$\Delta T_f = T_f \text{ pelarut} - T_f \text{ larutan}$$

Atau

$$T_f \text{ larutan} = T_f \text{ pelarut} - \Delta T_f$$

Seperti halnya pada kenaikan titik didih, penurunan titik beku berbanding lurus dengan molalitas larutan.

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

Keterangan:  $\Delta T_f$  = penurunan titik beku

$K_f$  = penurunan titik beku molal pelarut

Harga  $K_f$  beberapa pelarut dicantumkan pada tabel berikut.

**Tabel 10.2 Tetapan Titik Beku Molal Beberapa Pelarut**

Pelarut	Titik beku (°C)	$K_f$ °C/m
Asam asetat	16,60	3,90
Benzena	5,50	4,90
Kamfor	179,80	39,70
Nitrobenzena	5,70	7,00
Fenol	40,90	7,40
Air	0,00	1,86

**Contoh Soal:**

Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 6 gram urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dalam 200 gram air. ( $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C}/\text{m}$ ) Ar C = 12, O = 16, H = 1 N = 14). Hitunglah:

1. Penurunan titik beku
2. Titik beku larutan

**Jawaban:**

$$\begin{aligned} 1. \Delta T_f &= m \times K_f \\ &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1000}{p} \times K_f \\ &= \frac{6}{60} \times \frac{1000}{200} \times 1,85 \\ &= 0,93^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. T_f \text{ larutan} &= T_f \text{ pelarut} - \Delta T_f \\ &= 0 - 0,93 = - 0,93^\circ\text{C} \\ &= - 0,93^\circ\text{C} \end{aligned}$$





## Aktivitas 10.1

### A. Kenaikan Titik Didih

#### Tujuan:

Mempelajari kenaikan titik didih beberapa larutan.

#### Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi
- Penjepit tabung reaksi
- Pemanas spiritus
- Aquades/air
- Gula pasir/glukosa

#### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

#### Langkah Kerja:

1. Masukkan 5 ml air murni ke dalam tabung reaksi kemudian panaskan perlahan-lahan!
2. Catat suhu air mendidih (titik didih)!
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan mengganti air dengan larutan (gula + air) 0,5 m kemudian 1 m!



### B. Penurunan Titik Beku

#### Tujuan:

Mempelajari penurunan titik beku beberapa larutan.

#### Alat dan Bahan:

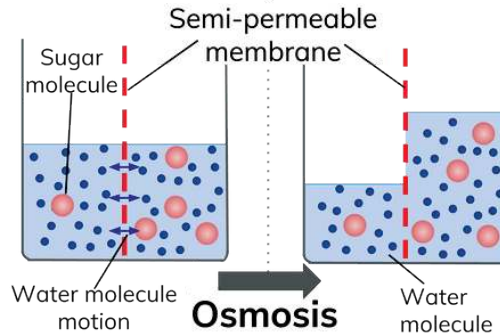
- |                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| • Termometer (skala 0,1 – 0,5) | • Es batu           |
| • Tabung reaksi                | • Garam dapur kasar |
| • Rak tabung reaksi            | • Air suling        |
| • Gelas kimia plastik          | • Larutan urea      |
| • Pengaduk kaca                |                     |

### Langkah Kerja:

1. Masukkan es dan garam dapur ke dalam gelas kimia sampai tiga per empat (sebagai pendingin)!
2. Isilah tabung reaksi dengan air suling sampai 4 cm, kemudian masukkan tabung tersebut ke dalam campuran pendingin dan aduk campuran pendinginnya!
3. Masukkan pengaduk ke dalam tabung reaksi tadi dan gerakkan pengaduk naik turun sampai air dalam tabung membeku!
4. Keluarkan tabung dari campuran pendingin dan biarkan es dalam tabung mencair sebagian. Gantilah pengaduk dengan termometer turun naik, kemudian baca suhu campuran es dan air dalam tabung!
5. Ulangi langkah 1 – 4 dengan menggunakan urea sebagai pengganti air suling dalam tabung!

### 3. Tekanan Osmotik ( $\pi$ )

Bila larutan yang berbeda konsentrasi dipisahkan oleh membran *semipermeable*, maka molekul-molekul pelarut mengalir dari larutan encer ke larutan yang pekat. Molekul zat terlarut tidak mengalir karena berukuran lebih besar sehingga tidak dapat menembus membran *semipermeable*. Aliran pelarut dari larutan encer ke larutan yang lebih pekat melalui membran *semipermeable* disebut *osmosis*.



Gambar 10.6 Osmosis dan tekanan osmosis.

Peristiwa osmosis dapat dicegah dengan memberi tekanan pada permukaan larutan. Tekanan yang diperlukan untuk mencegah terjadinya osmosis disebut *tekanan osmotik*. Tekanan osmotik bergantung pada konsentrasi larutan. Tekanan osmotik larutan encer dapat dihitung dengan rumus yang serupa dengan persamaan gas ideal.

$$\pi V = n RT$$

$$\pi = \frac{n \cdot RT}{V}$$

$$\pi = M RT$$

**Keterangan:**

$\pi$  = tekanan osmotik (atm)

T = suhu mutlak (K)

V = volume larutan (liter)

M = Molaritas

R = tetapan gas (0,082 L atm/mol K)

**Contoh Soal:**

Sebanyak 0,25 gram sampel protein hemoglobin dilarutkan dalam air sampai volume larutan 100 ml. Bila larutan yang terjadi memiliki tekanan osmotik 1,35 mmHg pada suhu 25°C, berapakah massa molekul relatif protein hemoglobin tersebut?

**Jawaban:**

$$\pi = M \cdot R \cdot T$$

$$\pi = \frac{\text{massa}}{\text{Mr} \cdot V} \cdot R \cdot T$$

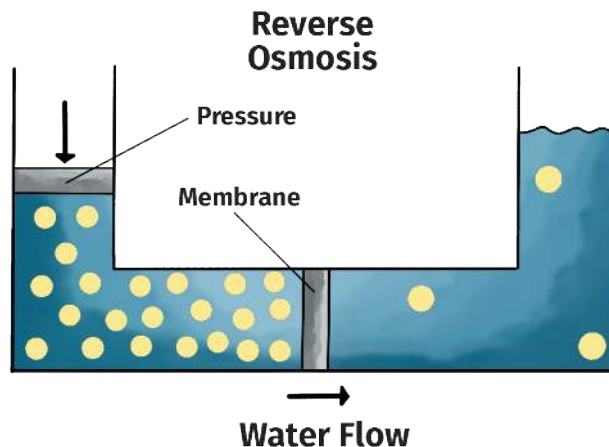
$$\frac{1,35}{760} = \frac{0,25}{\text{Mr} \cdot 0,1} \cdot 0,082 \cdot (25 + 273)$$

$$1,78 \times 10^{-3} = \frac{0,25}{\text{Mr} \cdot 0,1} \cdot 0,082 \cdot 298$$

$$\text{Mr} = \frac{0,25 \cdot 0,082 \cdot 298}{1,78 \times 10^{-2} \cdot 0,1} = 3,434 \times 10^4$$

Berdasarkan tekanan osmotiknya, larutan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu larutan isotonik, hipotonik, dan hipertonik. Apa pengertian tiap-tiap larutan tersebut? Carilah jawabannya.

Peristiwa osmosis dapat dimanfaatkan untuk memasukkan cairan ke dalam tubuh manusia melalui infus. Osmosis juga dapat digunakan untuk memperoleh air tawar dari air laut atau air payau melalui osmosis balik, yaitu proses perpindahan pelarut dari larutan berkonsentrasi tinggi menuju larutan berkonsentrasi rendah dengan suatu tekanan.



Gambar 10.7 Reverse Osmosis

## B. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Perbandingan sifat koligatif larutan elektrolit dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit yang diharapkan pada konsentrasi yang sama disebut faktor Van't Hoff yang dinyatakan dengan lambang  $i$ . Bila NaCl dilarutkan dalam air akan terionisasi menjadi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ . Bila derajat ionisasi NaCl  $\alpha = 1$ , maka seluruh NaCl terionisasi menjadi  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ .

Dengan demikian untuk larutan elektrolit berlaku rumus-rumus sifat koligatif sebagai berikut.

$$\Delta T_b = m \times K_b \times i$$

$$\Delta T_f = m \times K_f \times i$$

$$\pi = M \times R \times T \times i$$

Dengan:

$$i = 1 + (n - 1) \alpha$$

$n$  = banyaknya ion

$\alpha$  = derajat ionisasi

untuk elektrolit kuat ( $\alpha = 1$ ), harga ( $i = n$ )

### Contoh Soal:

Berapakah titik didih larutan yang dibuat dengan melarutkan 11,7 gram NaCl dalam 2 kg air? ( $K_b$  air = 0,52, Ar Na = 23, Cl = 35,5)

### Jawaban:

$$\Delta T_b = m \times K_b \times i \text{ (NaCl, elektrolit kuat, } \alpha = 1)$$

$$= m \times K_b \times n$$

$$= \frac{\text{massa}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{1000} \times K_b \times n$$

$$= \frac{11,7}{58,5 \text{ gmol}^{-1}} \times \frac{1000}{2000} \times 0,52^\circ\text{C/m}^{-1} \times 2$$

$$= 0,104^\circ\text{C}$$

$$T_b = 100 + 0,104^\circ\text{C}$$

$$= 100,104^\circ\text{C}$$



## Aktivitas 10.2

### Kenaikan Titik Didih

#### Tujuan:

Mempelajari kenaikan titik didih beberapa larutan elektrolit.

#### Alat dan Bahan:

- Tabung reaksi
- Penjepit tabung reaksi
- Pemanas spiritus
- Aquades/air
- NaCl
- Termometer

#### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

#### Langkah Kerja:

1. Masukkan 5 ml air ke dalam tabung reaksi kemudian panaskan perlahan-lahan.
2. Catat suhu saat akuades mendidih (titik didih).
3. Ulangi langkah 1 dan 2 dengan mengganti aquades dengan larutan NaCl 0,5 m kemudian 1 m.



## Rangkuman

1. Sifat koligatif larutan terdiri atas penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmosis.
2. Adanya zat terlarut dalam larutan mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan penurunan titik beku larutan dibanding pelarutnya.
3. Larutan elektrolit mempunyai sifat koligatif yang lebih besar dibanding sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama.
4. Perbandingan sifat koligatif larutan elektrolit dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama disebut faktor *Van't Hoof*.



## Uji Kompetensi

### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Suatu larutan dibuat dengan cara melarutkan 10 gram urea ( $M_r = 60$ ) dalam 90 gram air ( $M_r = 18$ ) pada suhu tertentu. Bila tekanan uap jenuh air pada suhu tersebut adalah 70 mmHg, hitunglah tekanan uap larutan!



2. Suatu alkena sebanyak 28 gram dilarutkan dalam 250 gram benzena ( $k_f = 5,0$ ). Ternyata larutan itu membeku pada suhu  $-3^\circ\text{C}$ . Jika titik beku benzena adalah  $5^\circ\text{C}$ , tentukanlah rumus molekul alkena tersebut! ( $C = 12$ ,  $H = 1$ )
3. Suatu larutan mengandung 10% massa urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .  
 Bila  $k_b \text{ air} = 0,52$  ( $\text{Ar C} = 12$ ,  $\text{H} = 1$ ,  $\text{N} = 14$ ,  $\text{O} = 16$ )  $k_f \text{ air} = 1,86$   
 Tekanan uap air murni =  $15,5 \text{ mmHg}$ , hitunglah:
  - a. Titik didih larutan
  - b. Titik beku larutan
  - c. Tekanan uap larutan
4. Bila suatu larutan nonelektrolit mendidih pada suhu  $100,2^\circ\text{C}$  ( $k_b = 0,52$ ,  $k_f = 1,86$ ), berapakah titik beku larutan tersebut?
5. Suatu zat nonelektrolit sebanyak 24 gram dilarutkan dalam air hingga volumenya 250 ml dan mempunyai tekanan osmosis sebesar  $32,8 \text{ atmosfer}$  pada suhu  $27^\circ\text{C}$ . Jika tetapan  $R = 0,082 \text{ atm/mol K}$ , berapakah massa molekul relatif ( $M_r$ ) zat tersebut?



### Pengayaan

Lakukan kegiatan untuk menggali informasi tentang penerapan sifat koligatif larutan dengan wawancara, observasi, atau studi literatur. Buatlah laporan kegiatan dalam bentuk tertulis, *powerpoint*, atau video.



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi sifat koligatif larutan yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri.
2. Adakah ide, materi atau pendapat dari gurumu tentang sifat koligatif larutan yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama sifat koligatif larutan yang kamu pelajari sebagai dasar relatif Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri.
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam dirimu yang ingin kamu lakukan setelah memperoleh materi pada bab ini.

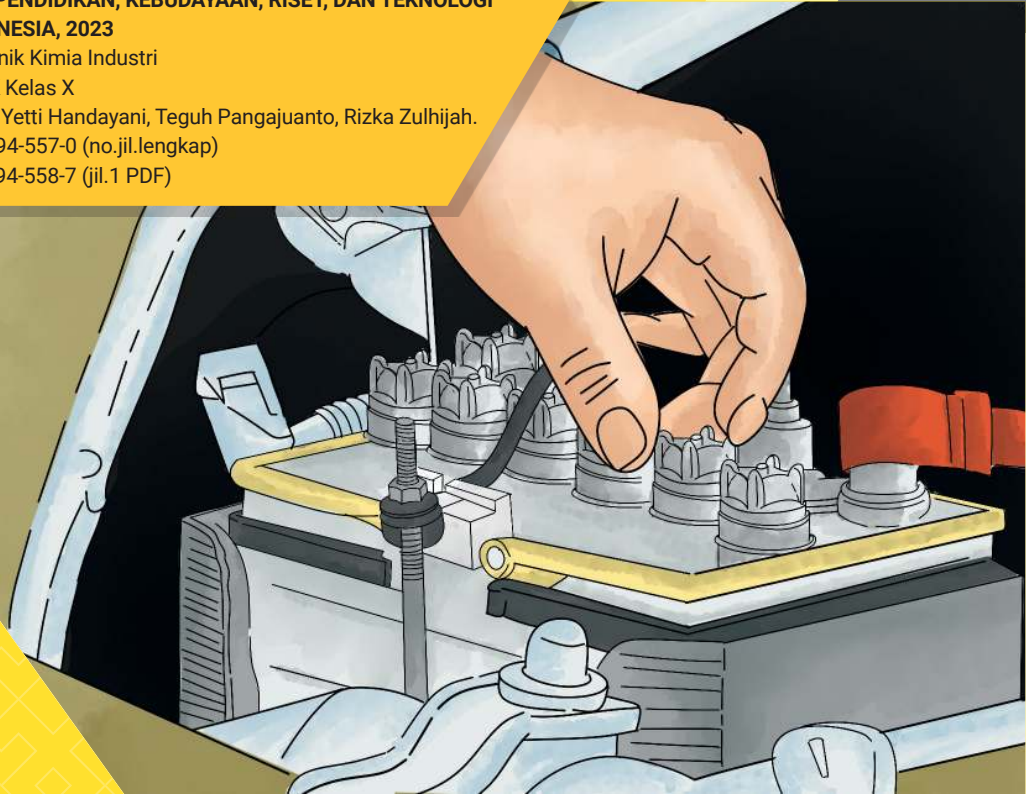
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



## Bab 11

# Redoks dan Elektrokimia

Apa perbedaan kendaraan listrik dengan kendaraan berbahan bakar bensin?



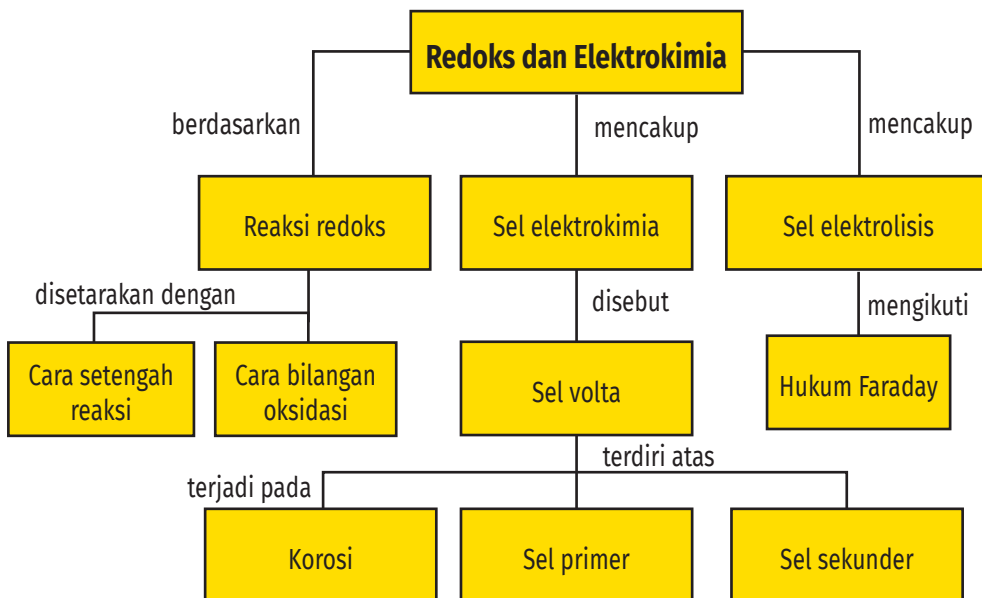
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kamu mampu:

- membedakan reaksi redoks dengan reaksi bukan redoks;
- menyetarakan reaksi redoks dengan metode setengah reaksi dan perubahan bilangan oksidasi;
- menuliskan persamaan sel elektrokimia;
- menentukan potensial reduksi pada beberapa reaksi redoks;
- menjelaskan proses terjadinya korosi pada logam
- menjelaskan cara-cara mencegah atau menghambat terjadinya proses korosi;
- menuliskan reaksi elektrolisis pada lelehan dan beberapa larutan;
- menerapkan hukum Faraday untuk menghitung massa endapan yang dihasilkan pada elektrolisis; serta
- menerapkan konsep reaksi redoks untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Reaksi Reduksi, Reaksi Oksidasi, Bilangan Oksidasi, Sel Volta, Potensial Sel, Korosi, Sel Elektrolisis, Hukum Faraday

Apakah kamu pernah melihat kendaraan listrik, baik melalui televisi, media lain, maupun secara langsung? Saat ini telah dikembangkan kendaraan, baik sepeda maupun mobil berenergi listrik dari baterai. Mengapa baterai atau aki dapat menghasilkan energi listrik? Baterai dan aki merupakan sel elektrokimia dengan reaksi redoks yang menghasilkan arus listrik. Energi kimia dalam baterai atau aki diubah menjadi energi listrik. Bagaimana caranya? Untuk menemukan jawabannya, simak penjelasan materi pada bab ini. Pada bab ini kita akan mempelajari reaksi redoks, penyetaraan reaksi redoks, dan elektrokimia.



Gambar 11.1 Sepeda Motor Listrik

Sumber: ANTARA/Ride Apart/otomotif.  
antaranews.com (2022)

## A. Perkembangan Konsep Reaksi Redoks

Reaksi redoks (reduksi-oksidasi) banyak terjadi dalam kehidupan sehari-hari, baik secara spontan maupun yang diupayakan agar reaksi redoks terjadi. Perkaratan logam, pembakaran, penggunaan aki, fermentasi, dan respirasi merupakan reaksi redoks. Konsep reaksi redoks mengalami perkembangan dari konsep sederhana hingga lebih luas.

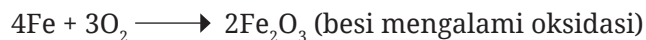
### 1. Konsep Reaksi Redoks Ditinjau dari Penggabungan dan Pelepasan Oksigen

#### a. Reaksi Oksidasi

Reaksi oksidasi adalah reaksi penggabungan zat dengan oksigen (penambahan oksigen).

##### Contoh:

- 1) Reaksi perkaratan besi



- 2) Reaksi pembakaran

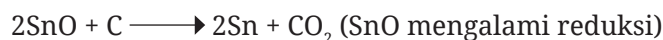


#### b. Reaksi Reduksi

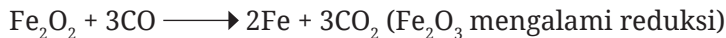
Reaksi reduksi adalah reaksi pelepasan oksigen dari suatu zat.

##### Contoh:

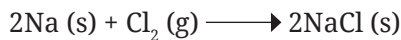
- 1) Reaksi pengolahan timah dari bijih timah



2) Reaksi pengolahan besi dari bijihnya



Reaksi redoks berdasarkan penggabungan dan pelepasan oksigen ternyata kurang luas karena banyak reaksi kimia yang tidak melibatkan oksigen. Oleh karena itu, diperlukan konsep reaksi redoks yang lebih luas dan tidak melibatkan oksigen. Misalnya, reaksi pembentukan natrium klorida sebagai berikut.



## 2. Konsep Reaksi Redoks Ditinjau dari Penerimaan dan Pelepasan Elektron

Atom yang melepaskan elektron dapat disebut telah mengalami oksidasi dan atom yang menerima elektron dikatakan telah mengalami reduksi. Berdasarkan pelepasan dan penerimaan elektron, reaksi redoks dapat dikategorikan sebagai berikut.

a. Reaksi oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron.



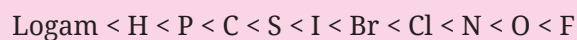
b. Reaksi reduksi adalah reaksi penerimaan elektron.



## 3. Konsep Reaksi Redoks Ditinjau dari Peningkatan dan Penurunan Bilangan Oksidasi

Konsep reaksi redoks yang lebih luas didasarkan pada peningkatan dan penurunan bilangan oksidasi. Bilangan oksidasi merupakan muatan yang dimiliki suatu atom apabila atom tersebut memberikan elektron pada atom yang memiliki keelektronegatifan lebih kecil dan bilangan oksidasi positif. Adapun atom yang keelektronegatifannya lebih besar memiliki bilangan oksidasi negatif.

Peringkat keelektronegatifan atom-atom sebagai berikut.

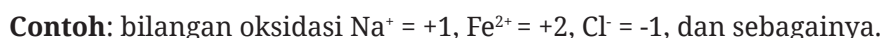


Atom-atom logam dalam senyawa selalu memiliki bilangan oksidasi positif, sedangkan atom F memiliki bilangan oksidasi negatif. Beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan saat menentukan bilangan oksidasi sebagai berikut.

a. Atom dalam unsur bebas memiliki bilangan oksidasi nol.



b. Ion monoatom memiliki bilangan oksidasi sama dengan muatannya.



- c. Atom H dalam senyawa/ion memiliki bilangan oksidasi +1, kecuali dalam hidrida (NaH, KH) biloks H = -1.
- d. Atom O dalam senyawa/ion memiliki bilangan oksidasi -2, kecuali dalam peroksida ( $H_2O_2$ ,  $Na_2O_2$ ), O = -1, dan dalam  $OF_2$ , biloks O = -2.
- e. Atom logam dalam senyawa/ion memiliki bilangan oksidasi positif berdasarkan muatan ion logam (logam golongan utama (A) sesuai nomor golongannya).

**Contoh:**

- 1) Dalam KCl, biloks K = +1
- 2) Dalam  $FeCl_3$ , biloks Fe = +3
- 3) Dalam  $FeSO_4$ , biloks Fe = +2

- f. Jumlah biloks seluruh atom dalam senyawa = nol.

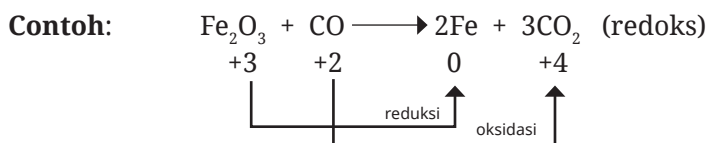
**Contoh:** dalam  $H_2SO_4$ , jumlah biloks  $2 \times H + S + 4 \times O = 0$

- g. Jumlah biloks seluruh atom dalam ion = muatan ion.

Dalam  $S_2O_3^{2-}$ , jumlah biloks  $2 \times S + 3 \times O = -2$

Selanjutnya, mari kita perhatikan kembali reaksi natrium dengan klorin yang membentuk natrium klorida. Setelah Na melepaskan 1 elektron berubah menjadi  $Na^+$ , ini berarti bilangan oksidasi Na berubah dari 0 menjadi +1. Adapun klorin ( $Cl_2$ ) menerima 1 elektron yang dilepaskan Na berubah menjadi  $Cl^-$ , ini berarti bilangan oksidasi Cl berubah dari 0 menjadi -1. Berdasarkan contoh tersebut, dapat disimpulkan bahwa:

- Reaksi oksidasi adalah reaksi peningkatan bilangan oksidasi.
- Reaksi reduksi adalah reaksi penurunan bilangan oksidasi.



Berdasarkan reaksi di atas dapat disimpulkan bahwa Fe mengalami reduksi dan C mengalami oksidasi hingga secara total menjadi reaksi redoks. Pada reaksi di atas,  $Fe_2O_3$  berfungsi sebagai oksidator (zat yang melakukan oksidasi/mengalami reduksi). Adapun CO berfungsi sebagai reduktor (zat yang melakukan reduksi/mengalami oksidasi).

### Reaksi Autoreduksi (Reaksi Disproporsionasi)

Pada reaksi autoreduksi, zat yang mengalami oksidasi sama dengan reduksi. Jadi, reaksi autoreduksi dapat diartikan sebagai reaksi dimana satu zat mengalami reduksi sekaligus oksidasi.



## B. Penyetaraan Reaksi Redoks

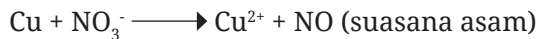
Dalam penyetaraan reaksi redoks, kamu harus mengingat kembali tentang bilangan oksidasi, reaksi reduksi, dan reaksi oksidasi. Reaksi redoks yang sederhana dapat disetarakan secara langsung dengan mudah. Adapun reaksi redoks yang rumit harus disetarakan dengan cara khusus, yaitu cara setengah reaksi (metode ion elektron) dan cara perubahan bilangan oksidasi.

### 1. Cara Setengah Reaksi (Metode Ion Elektron)

Langkah-langkah penyetaraan reaksi redoks dengan cara setengah reaksi sebagai berikut.

- Tuliskan setengah reaksi oksidasi dan reduksi.
- Setarakan jumlah atom yang mengalami oksidasi reduksi.
- Setarakan jumlah atom O dengan memperhitungkan lingkungannya.
  - Lingkungan asam: kurang O ditambah  $H_2O$ , kurang H ditambah  $H^+$ .
  - Lingkungan basa: kurang O ditambah  $OH^-$ , kurang H ditambah  $H_2O$ .
- Setarakan muatannya dengan menambahkan elektron pada ruas yang kelebihan muatan positif.
- Jumlahkan kedua reaksi tersebut.

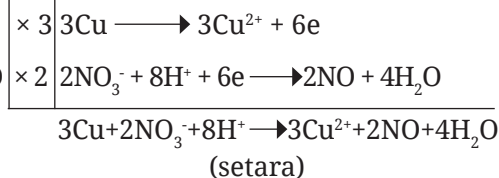
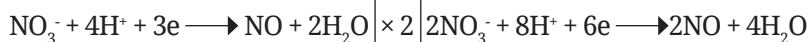
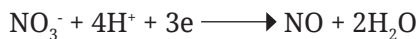
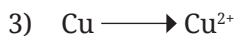
**Contoh:** Setarakan persamaan reaksi redoks berikut dengan metode ion elektron.



**Jawaban:**

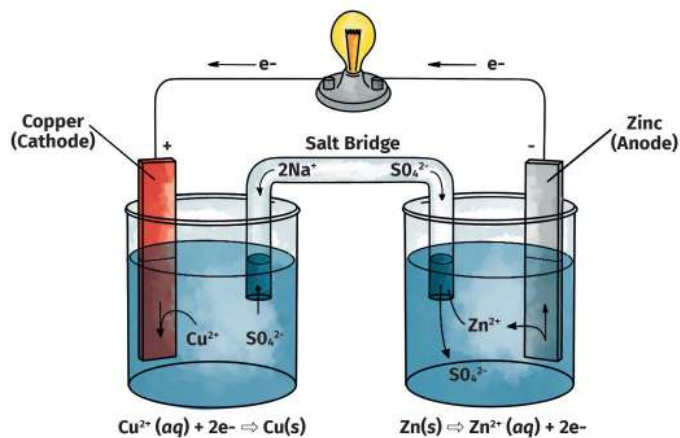


2) Jumlah atom yang mengalami oksidasi dan reduksi sudah sama







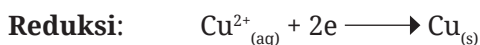
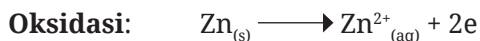


Gambar 11.2 Sel volta elektroda Zn dan Cu dengan larutan ZnSO<sub>4</sub> dan CuSO<sub>4</sub>.

Reaksi antara logam Zn dan larutan CuSO<sub>4</sub> merupakan contoh reaksi redoks spontan. Reaksi redoks spontan, yaitu reaksi yang terjadi secara langsung. Reaksi tersebut dapat dituliskan dengan persamaan reaksi berikut.



Pada reaksi di atas, sebanyak 2 elektron dari logam Zn dilepaskan dan diterima oleh ion Cu<sup>2+</sup>, atau dapat dituliskan dengan setengah reaksi berikut.



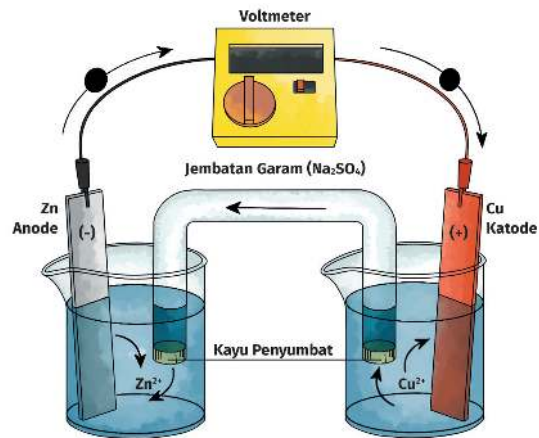
Pada reaksi tersebut terjadi aliran elektron dari logam Zn ke ion Cu<sup>2+</sup> yang akan menghasilkan arus listrik karena arus listrik adalah aliran elektron. Logam Zn dan logam Cu pada rangkaian ini menjadi kutub-kutub listrik yang disebut elektroda. Elektroda sebagai tempat terjadinya reaksi oksidasi disebut anoda (pada rangkaian tersebut adalah logam Zn). Adapun elektroda sebagai tempat terjadinya reaksi reduksi disebut katoda (pada rangkaian ini adalah logam Cu).

Sel elektrokimia dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sel volta dan sel elektrolisis. Penjelasan kedua jenis sel elektrokimia tersebut sebagai berikut.

### 1. Sel Volta (Sel Galvani)

Mengapa batu baterai dan aki dapat menghasilkan arus listrik? Perlu kita ingat bahwa pada reaksi redoks terjadi perpindahan elektron. Adapun arus listrik adalah aliran elektron dalam rangkaian tertutup. Batu baterai dan aki merupakan rangkaian tertutup reaksi redoks yang terjadi secara spontan sehingga terjadi perpindahan atau aliran elektron (arus listrik).

Logam Zn dicampur dengan larutan  $ZnSO_4$  dalam gelas kimia dan logam Cu dicampur dengan larutan  $CuSO_4$  dalam gelas kimia lain. Apabila dihubungkan dengan jembatan garam seperti pada gambar 11.2 akan menghasilkan arus listrik.



Gambar 11.3 Sel Volta

Apabila kedua logam (Cu dan Zn) dihubungkan dengan kawat penghantar listrik melalui voltmeter, maka jarum pada voltmeter akan bergerak. Pergerakan tersebut terjadi karena adanya perbedaan potensial. Rangkaian seperti ini disebut sel volta. Nama sel volta diambil dari nama penemu baterai, yaitu Alessandro Volta.

Rangkaian sel volta dapat ditulis dalam bentuk notasi atau diagram sel. Dalam diagram sel, anoda dituliskan di sebelah kiri dan katoda di sebelah kanan yang dipisahkan oleh jembatan garam. Jembatan garam dituliskan sebagai berikut.

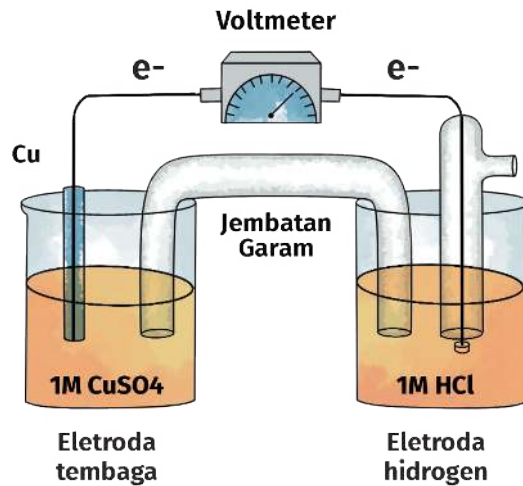
Anoda || Katoda

Pada sel volta di atas dituliskan dalam bentuk notasi sel berikut.

$Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu$

## 2. Potensial Elektroda Standar

Elektroda yang lebih mudah mengalami reduksi dibandingkan hidrogen memiliki potensial elektroda  $>0$  (positif), sedangkan elektroda yang lebih sukar mengalami reduksi dibandingkan hidrogen dengan potensial elektroda  $<0$  (negatif). Jadi, potensial elektroda standar menunjukkan urutan kecenderungan untuk mengalami reduksi atau sering disebut potensial reduksi standar.



Gambar 11.4 Elektroda Standar

Apabila ion logam dalam sel lebih mudah mengalami reduksi dibandingkan ion  $H^+$ , maka potensial elektroda logam tersebut lebih besar dari potensial elektroda hidrogen sehingga bertanda positif. Apabila elektroda logam lebih mudah mengalami oksidasi dibandingkan elektroda hidrogen, maka potensial elektrodanya lebih kecil dibandingkan potensial elektroda hidrogen sehingga bertanda negatif.

### 3. Potensial Sel

Perbedaan potensial dari kedua elektroda (katoda dan anoda) disebut beda potensial atau potensial sel standar yang diberi lambang  $E^{\circ}$  Sel.

$$E^{\circ} \text{ Sel} = E^{\circ} \text{ Katoda} - E^{\circ} \text{ Anoda}$$

Katoda merupakan tempat terjadinya reaksi reduksi sehingga memiliki  $E^{\circ}$  lebih besar. Adapun anoda merupakan tempat terjadinya reaksi oksidasi sehingga memiliki harga  $E^{\circ}$  lebih kecil. Apabila potensial sel yang dihitung bernilai positif, maka reaksi sel berlangsung secara spontan dan sel akan menghasilkan arus. Seperti yang terlihat dalam reaksi antara Mg dengan  $Zn^{2+}$  berikut.

$Mg_{(s)} + Zn^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + Zn_{(s)}$   $E^{\circ} \text{ sel} = +1,61 \text{ V}$  (reaksi spontan), reaksi sebaliknya tidak spontan.

#### Contoh Soal:

Suatu sel volta tersusun dari elektroda magnesium dan tembaga. Apabila diketahui:



**Tentukan:**

- Katoda dan anoda.
- Reaksi yang terjadi pada elektroda dan reaksi sel.
- Notasi sel.
- Potensial sel.

**Jawaban:**

- Katoda memiliki  $E^{\circ}$  lebih besar, yaitu tembaga (Cu).  
Anoda memiliki  $E^{\circ}$  lebih kecil, yaitu magnesium (Mg).
- Reaksi katoda (reduksi):  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 2e \longrightarrow \text{Cu}_{(s)}$   
Reaksi anoda (oksidasi):  $\text{Mg}_{(s)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + 2e$   
Reaksi sel (redoks):  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + \text{Mg}_{(s)} \longrightarrow \text{Cu}_{(s)} + \text{Mg}^{2+}_{(aq)}$
- Notasi sel =  $\text{Mg} \mid \text{Mg}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+} \mid \text{Cu}$
- $E^{\circ} \text{ Sel} = E^{\circ} \text{ Katoda} - E^{\circ} \text{ Anoda}$   
 $= 0,34 - (-2,37)$   
 $= 2,71 \text{ volt}$

Potensial sel dapat digunakan untuk memperkirakan spontan tidaknya suatu reaksi redoks. Reaksi redoks berlangsung spontan apabila  $E \text{ Sel} > 0$  (positif) dan tidak spontan apabila  $E \text{ Sel} < 0$  (negatif). Jika potensial sel yang dihitung bernilai positif, maka reaksi sel berlangsung secara spontan dan sel akan menghasilkan arus. Seperti yang terlihat dalam reaksi antara Mg dan  $\text{Zn}^{2+}$  berikut.

$\text{Mg}_{(s)} + \text{Zn}^{2+}_{(aq)} \longrightarrow \text{Mg}^{2+}_{(aq)} + \text{Zn}_{(s)}$   $E^{\circ} \text{ Sel} = +1,61 \text{ V}$  (reaksi spontan), reaksi sebaliknya tidak spontan.

**4. Jenis-Jenis Sel Volta dalam Kehidupan Sehari-hari****a. Sel Kering (Baterai)**

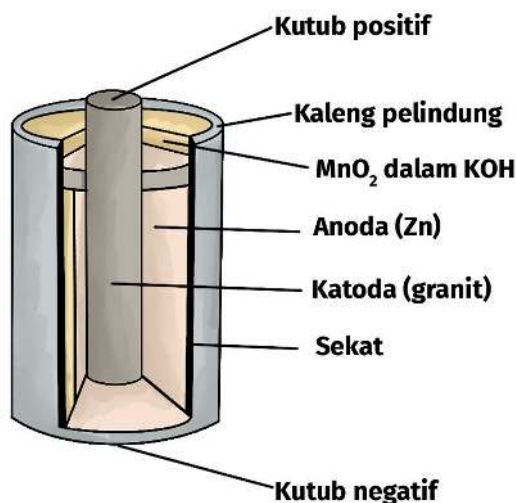
Sel kering menggunakan anoda Zn, katoda grafit, serta elektrolit pasta  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan arang. Reaksi yang terjadi dalam sel kering sebagai berikut.

**Anoda:**  $\text{Zn}_{(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + 2e$

**Katoda:**  $2\text{NH}_4^+_{(aq)} + 2\text{MnO}_{2(s)} \longrightarrow \text{Mn}_2\text{O}_{3(s)} + 2\text{NH}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$

---

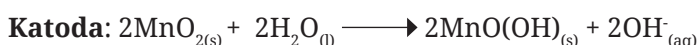
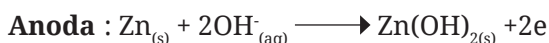
$\text{Zn}_{(s)} + 2\text{NH}_4^+_{(aq)} + 2\text{MnO}_{2(s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+}_{(aq)} + \text{Mn}_2\text{O}_{3(s)} + 2\text{NH}_{3(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$



Gambar 11.5 Bagian-Bagian Baterai

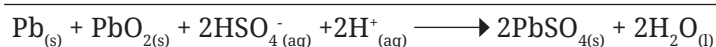
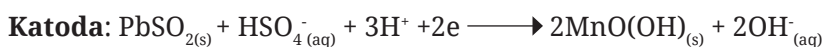
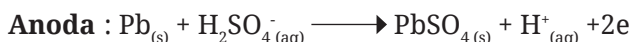
### b. Baterai Alkalin

Baterai alkalin pada dasarnya sama dengan sel kering, hanya bersifat lebih basa karena menggunakan KOH sebagai pengganti  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam pasta. Baterai ini lebih tahan lama dari sel kering biasa. Reaksi yang terjadi pada baterai alkalin sebagai berikut.

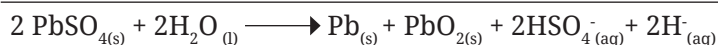
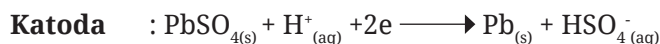
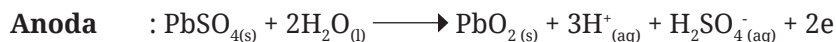


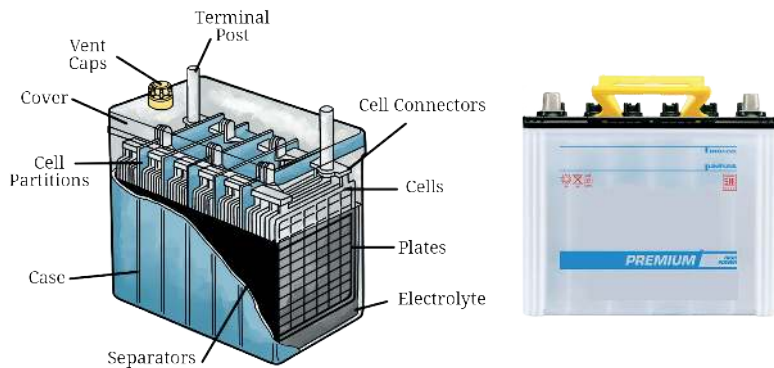
### c. Sel Aki

Aki merupakan jenis baterai yang praktis karena dapat diisi kembali, anoda Pb katodanya  $\text{PbO}_2$ , sedangkan larutan elektrolitnya  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Reaksi penggunaan atau pengosongan aki sebagai berikut.



Oleh karena hasil reaksi pengosongan aki melekat pada kedua elektroda, maka aki dapat diisi kembali dengan membalik arah aliran elektron pada kedua elektroda.

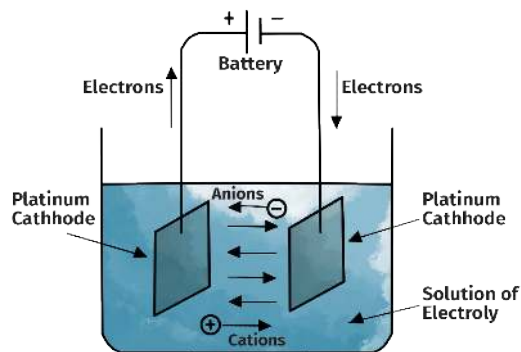




Gambar 11.6 Bagian Bagian Aki

Sumber: Jhindo/teknik-otomotif.com (2020)

## 5. Sel Elektrolisis



Gambar 11.7 Sel Elektrolisis

Pada sel volta yang baru saja kita pelajari, reaksi redoks spontan menimbulkan arus listrik. Terjadinya arus listrik ini dapat diamati dari voltmeter. Berbeda dengan sel elektrolisis, reaksi redoks yang tidak spontan dapat berlangsung apabila dalamnya dialiri listrik. Perhatikan susunan sel elektrolisis pada gambar 11.7.

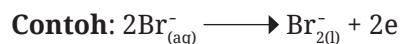
### a. Reaksi pada Anoda (Oksidasi)

1) Apabila anoda terbuat dari Pt, Au, atau C, maka anoda tidak ikut teroksidasi.

a) Ion  $\text{OH}^-$  teroksidasi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan gas  $\text{O}_2$



b) Ion sisa asam halida (Cl, Br, I) teroksidasi menjadi molekulnya.



c) Ion sisa asam oksida ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) tidak teroksidasi yang teroksidasi adalah air (pelarut).



2) Apabila anoda terbuat selain dari Pt, Au, atau C, maka anoda ikut teroksidasi.

**Contoh:**



**b. Reaksi pada Katoda (Reduksi)**

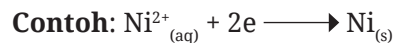
1) Ion  $\text{H}^+$  tereduksi menjadi gas  $\text{H}_2$  :  $2\text{H}^+_{(aq)} + 2e \longrightarrow \text{H}_{2(g)}$

2) Ion-ion logam

a) Ion-ion logam alkali dan alkali tanah ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan lain-lain) serta  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  tidak mengalami reduksi, yang tereduksi adalah air (pelarut).



b) Ion-ion logam selain alkali dan alkali tanah serta  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , tereduksi menjadi logamnya.

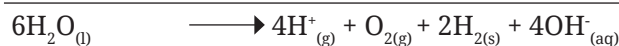
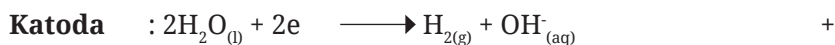


Perhatikan beberapa contoh reaksi elektrolisis berikut.

1) Reaksi elektrolisis larutan  $\text{CaCl}_2$ , dengan elektroda karbon



2) Reaksi elektrolisis larutan  $\text{NaNO}_3$  (elektroda Pt)



3) Reaksi elektrolisis larutan  $\text{NaCl}$





### c. Hukum-Hukum Faraday

Pada tahun 1834 Michael Faraday menemukan fakta bahwa banyaknya perubahan kimia yang dihasilkan oleh arus listrik berbanding lurus dengan jumlah listrik yang dilewatkan. Fakta ini ditemukan sebelum sifat dasar elektron diketahui. Fakta tersebut kemudian dijadikan sebagai Hukum Faraday.

*"Massa zat yang dihasilkan selama proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah muatan listrik yang melalui sel elektrolisis".*



Gambar 11.8 Michael Faraday

Sumber: Thomas Phillips/Wikimedia Commons Public domain (1842)

$$w = eF$$

w = massa zat hasil elektrolisis (gram)

e = massa ekuivalen zat hasil elektrolisis,  $e = \frac{Ar}{\text{valensi}}$

F = jumlah arus listrik (Faraday)

Oleh karena 1 Faraday setara dengan 96.500 coulomb, sedangkan 1 coulomb = 1 ampere detik, maka Hukum Faraday dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$w = \frac{eit}{96.500}$$

i = kuat arus listrik (ampere)

t = lama elektrolisis atau waktu (detik)

#### Contoh Soal:

Larutan  $\text{AgNO}_3$  ( $A_r \text{ Ag} = 108$ ) dialiri listrik 10 ampere selama 1 jam.

Berapa gram logam perak yang dapat diendapkan?

#### Jawaban:

$$\begin{aligned} e_{\text{Ag}} &= \frac{108}{1} = 108 \\ W &= \frac{eit}{96.500} \\ &= \frac{108 \times 10 \times 3.600}{96.500} \\ &= 40,29 \text{ gram} \end{aligned}$$

Apabila berbagai larutan dielektrolisis bersama-sama dengan arus listrik yang sama, berlaku Hukum Faraday II "Jumlah zat-zat yang dihasilkan oleh arus yang sama dalam beberapa sel yang berbeda, sebanding dengan massa ekuivalen zat-zat tersebut."

$$w_1 : w_2 : \dots = e_1 : e_2 : \dots$$

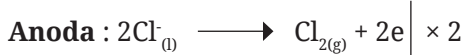
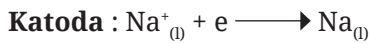
## 6. Kegunaan Elektrolisis

Elektrolisis banyak digunakan dalam bidang industri, seperti pada pembuatan beberapa bahan kimia, pemurnian logam, dan penyepuhan. Adapun kegunaan elektrolisis sebagai berikut.

### a. Pembuatan Beberapa Bahan Kimia

Beberapa bahan kimia, seperti logam alkali dan alkali tanah aluminium, gas hidrogen, gas oksigen, gas klorin, dan natrium hidroksida dibuat secara elektrolisis.

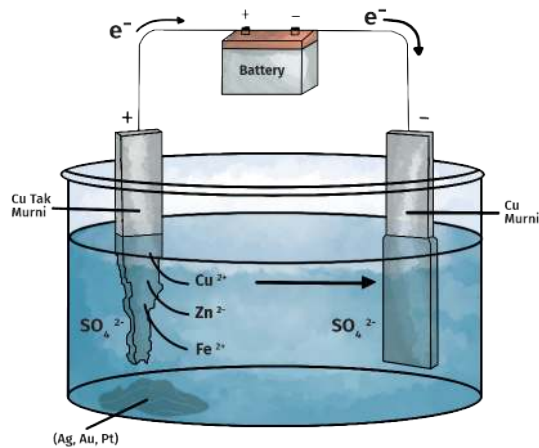
**Contoh:** Pembuatan logam natrium dengan mengelektrolisis lelehan NaCl yang dicampur dengan CaCl<sub>2</sub>.



Natrium cair yang terbentuk dikatoda mengapung di atas cairan NaCl, kemudian dikumpulkan pada kolektor.

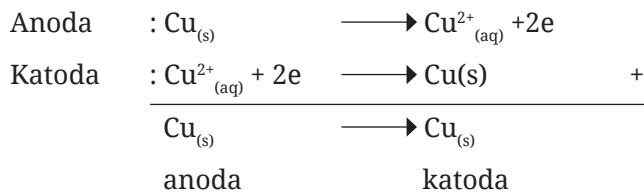
### b. Pemurnian Logam

Pada pengolahan tembaga dari bijih kalkopirit diperoleh tembaga yang masih bercampur dengan sedikit perak, emas, dan platina. Tembaga murni digunakan untuk beberapa keperluan, misalnya bahan membuat kabel. Tembaga yang tidak murni dipisahkan dari zat pengotornya dengan elektrolisis.



Gambar 11.9 Pemurnian tembaga secara elektrolisis.

Tembaga yang tidak murni dipasang sebagai anoda dan tembaga murni dipasang sebagai katoda dalam elektrolit larutan  $\text{CuSO}_4$ . Tembaga anoda akan teroksidasi menjadi  $\text{Cu}^{2+}$ , selanjutnya  $\text{Cu}^{2+}$  direduksi di katoda.

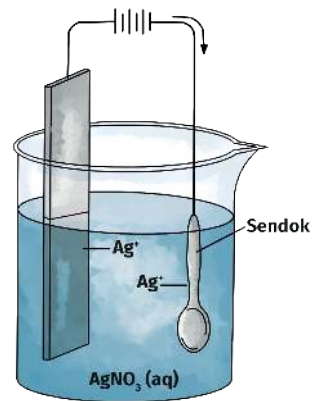


Dengan demikian, tembaga di anoda pindah ke katoda sehingga anoda makin habis dan katoda makin bertambah besar. Logam emas, perak, dan platina terdapat pada lumpur anoda sebagai hasil lain pemurnian tembaga.

### c. Penyepuhan Logam

Salah satu cara melapisi atau menyepuh logam adalah dengan elektrolisis. Benda yang akan dilapisi dipasang sebagai katoda dan potongan logam penyepuh dipasang sebagai anoda. Anoda dicampur dalam larutan garam dari logam penyepuh dan dihubungkan dengan sumber arus searah.

Sebagai contoh, penyepuhan sendok garpu. Untuk melapisi sendok garpu yang terbuat dari baja kation ( $\text{Ag}^+$ ) dengan perak, maka garpu dipasang sebagai katoda dan logam perak dipasang sebagai anoda dengan elektrolit larutan  $\text{AgNO}_3$ . Proses tersebut dapat kamu lihat pada gambar 11.10.



Gambar 11.10 Melapisi sendok dengan perak.

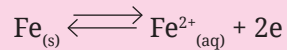
### d. Peluang Wirausaha di Bidang Elektroplating

Saat ini elektroplating banyak dibutuhkan dalam berbagai bidang, baik untuk pelapisan perabot rumah tangga, perabot kantor dan industri otomotif. Peluang usaha di bidang elektroplating cukup besar, apa lagi dengan maraknya modifikasi kendaraan baik mobil maupun sepeda motor. Pelapisan secara listrik atau elektroplating dapat menghasilkan lapisan yang tipis, dan lebih merata. Hal ini menjadikan keuntungan banyak industri yang melakukan pelapisan timah, seng, nikel, dan krom. Larutan yang sering digunakan sebagai elektrolit adalah larutan asam dan sianida. Prinsip dari elektroplating ini adalah mencelupkan logam yang akan dilapisi pada katoda dan logam pelapis pada anoda dalam larutan elektrolit yang mengandung ion logam pelapis kemudian dialiri listrik arus searah. Silakan mencoba!

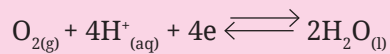
## 7. Korosi (Perkaratan)

Korosi adalah proses teroksidasinya suatu logam oleh berbagai zat menjadi senyawa. Proses korosi merupakan peristiwa elektrokimia. Logam yang mengalami korosi ditandai dengan adanya permukaan logam yang berperan sebagai anoda dan di bagian lain berperan sebagai katoda.

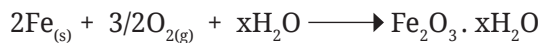
Korosi banyak terjadi pada besi. Bagian tertentu dari besi berperan sebagai anoda sehingga besi mengalami oksidasi.



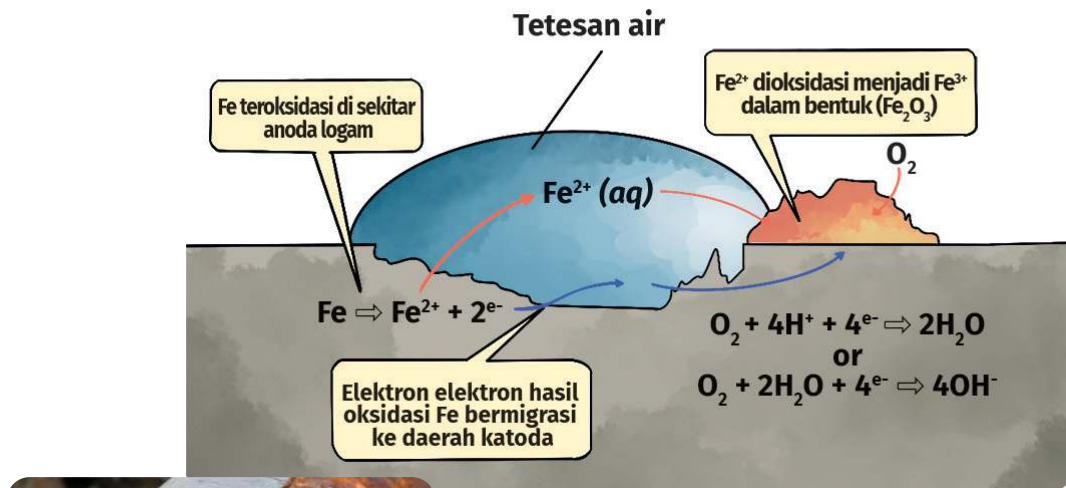
Elektron yang dilepaskan oleh besi mengalir pada bagian lain dari besi yang berperan sebagai katoda dan menyebabkan terjadinya reduksi oksigen dari lingkungan.



Ion  $\text{Fe}^{2+}$  kemudian teroksidasi lagi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$  yang selanjutnya membentuk karat besi  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$



(karat besi berwarna coklat)



Gambar 11.11 Proses Korosi

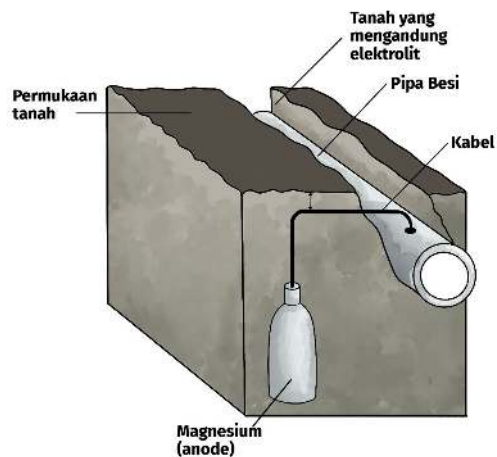


Gambar 11.12 Korosi menyebabkan kerusakan.

Sumber: Mohammed Al-Rabeeah, Nader A. Al-Otaibi, Nauman Tehsin. (2020)

Upaya pencegahan korosi dapat dilakukan dengan menghindari kontak langsung antara logam dan zat-zat yang menyebabkan korosi atau mengusahakan agar logam yang mengalami korosi berperan sebagai katoda. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah korosi sebagai berikut.

- Melapisi logam dengan cat, minyak atau oli, plastik, atau dengan logam lain yang tahan korosi, misalnya krom, nikel, perak, dan lainnya.
- Menerapkan perlindungan katoda. Logam yang dilindungi korosi diposisikan sebagai katoda. Logam tersebut selanjutnya dihubungkan dengan logam lain yang lebih mudah teroksidasi (memiliki  $E^\circ$  lebih negatif dari logam yang dilindungi). Misalnya, pipa besi dalam tanah dihubungkan dengan logam Mg. Logam Mg sengaja dikorbankan agar teroksidasi, namun pipa besi tidak teroksidasi.



Gambar 11.13 Penerapan Perlindungan Katoda

Sumber: Chemistry: The Central Science/corrosionpedia.com/ (2000)

- Membuat alloy atau paduan logam. Misalnya, besi dicampur dengan logam Ni dan Cr menjadi baja stainless (72% Fe, 19%Cr, 9%Ni).



### Aktivitas 11.3

## Mengamati Proses Elektrolisis

**Tujuan:** Memahami proses elektrolisis.

**Keselamatan Kerja:** \_\_\_\_\_



Alat-alat yang digunakan mudah pecah. Oleh karena itu, gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan. Bekerjalah dengan hati-hati sesuai petunjuk guru.

### Alat dan Bahan:

- Pipa U
- Elektroda Karbon
- Fenolftalein
- Larutan NaCl
- Penjepit
- Batu Baterai
- Larutan Amilum
- Larutan KI
- Kabel

### Langkah-Langkah Kerja:

1. Masukkan larutan KI ke dalam pipa U.
2. Pasangkan elektroda karbon sehingga tercelup dalam larutan.
3. Tambahkan 2 tetes fenolftalein dan 2 tetes larutan amilum ke dalam larutan pada pipa U.
4. Hubungkan elektroda dengan batu baterai. Selanjutnya, amatilah perubahan yang terjadi.
5. Ulangi langkah 1 sampai dengan 4 dengan mengganti larutan KI dengan larutan NaCl.

### Pertanyaan:

1. Apakah kesimpulan tentang peristiwa yang terjadi pada anoda dan katoda?
2. Tuliskan persamaan reaksi pada anoda dan katoda berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan!



### Rangkuman

1. Reaksi redoks adalah reaksi terjadinya perubahan bilangan oksidasi.
2. Reaksi redoks dapat disetarakan dengan cara setengah reaksi dan cara bilangan oksidasi.
3. Sel elektrokimia dibedakan menjadi dua, yaitu sel volta dan sel elektrolisis.
4. Pada sel volta reaksi redoks berlangsung spontan sehingga menghasilkan arus listrik.
5. Pada sel elektrolisis arus listrik menyebabkan terjadinya reaksi redoks yang tidak dapat berlangsung spontan.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Setarakan reaksi redoks berikut!
  - a.  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \longrightarrow \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$  (asam)
  - b.  $\text{Zn} + \text{NO}_3^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} + \text{NH}_3$  (Basa)

2. Berdasarkan reaksi  

$$\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{MnSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
 berapakah mol  $\text{KMnO}_4$  yang diperlukan untuk mengoksidasi 500 ml larutan  $\text{FeSO}_4$  1 M menjadi  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ?
3. Diketahui:  

$$\text{Cu}^{2+}_{(\text{Aq})} + 2\text{e} \longrightarrow \text{Cu}_{(\text{s})} \quad E^\circ = +0,34 \text{ volt}$$

$$\text{Ag}^{+}_{(\text{Aq})} + \text{e} \longrightarrow \text{Ag}_{(\text{s})} \quad E^\circ = +0,80 \text{ volt}$$
 Prediksilah apakah reaksi berikut dapat berlangsung spontan pada kondisi standar?  

$$\text{Cu}_{(\text{s})} + 2\text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} \longrightarrow \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2\text{Ag}_{(\text{s})}$$
4. Arus listrik sebesar 0,5 Faraday dialirkan dalam larutan  $\text{LSO}_4$  dalam proses elektrolisis. Apabila pada katoda diendapkan 16 gram logam L, berapakah massa atom relatif logam L?
5. Bagaimana cara mencegah korosi logam besi pada berbagai keperluan? Jelaskan pendapatmu!



### Pengayaan

Lakukan observasi dan wawancara atau studi literatur tentang kendaraan listrik yang saat ini sedang dikembangkan. Berikan tanggapan terhadap informasi yang kamu peroleh!



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi redoks dan elektrokimia yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri.
2. Adakah ide, materi atau pendapat dari gurumu tentang redoks dan elektrokimia yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama redoks dan elektrokimia yang kamu pelajari dan menurutmu penting untuk terus dipelajari sebagai dasar mempelajari Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri.
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam dirimu yang ingin kamu lakukan setelah mendapatkan materi pada bab ini.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)

# Bab 12

# Dasar Mikrobiologi

Proses pembuatan alkohol, tempe, yoghurt, dan *wine* menggunakan bantuan mikroba. Seperti apakah bentuk dan bagaimana pembiakan mikroba tersebut?

Sumber: Edward Jenner/Merdeka.com (2021)







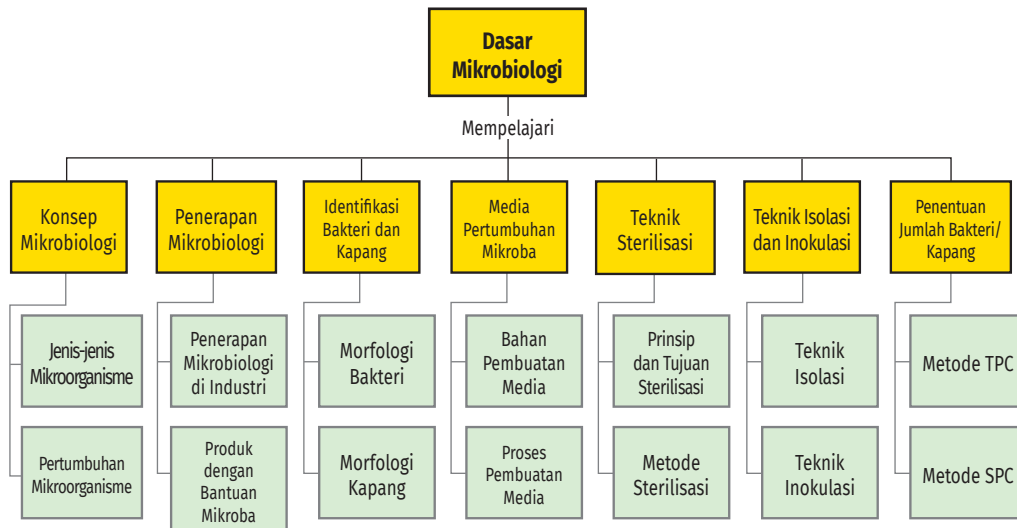
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan konsep mikrobiologi;
- menjelaskan penerapan mikrobiologi di industri;
- mengidentifikasi bakteri dan kapang;
- membuat media mikrobiologi;
- melaksanakan teknik sterilisasi;
- melaksanakan teknik isolasi dan inokulasi; serta
- menghitung jumlah bakteri/kapang.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Mikroorganisme, Media Mikroba, Sterilisasi, Isolasi, Inokulasi, TPC



Salah satu bahan kimia penting yang dimanfaatkan sebagai bahan untuk antiseptik, pengolahan minyak bumi, dan farmasi adalah etanol. Etanol diproduksi dari bahan baku yang memiliki kandungan sukrosa, glukosa, dan senyawa sejenis. Industri besar alkohol banyak terdapat di Indonesia. Bahan baku yang digunakan umumnya tetes tebu atau *molasses*. Bahan ini merupakan limbah dari industri pengolahan tebu yang tidak dapat diubah menjadi gula kristal. Oleh karena bahan ini masih mengandung senyawa glukosa, sukrosa, dan sejenisnya maka dapat diolah menjadi alkohol dengan bantuan mikroba. Pengolahan menggunakan bantuan mikroba seperti ini disebut proses fermentasi. Mikroba yang digunakan adalah *Saccharomyces cereviceae*.



Gambar 12.1 Bioetanol  
Sumber: Fitriyani Yetti H (2022)

Pada proses pengolahan yang melibatkan mikroba, diperlukan pengetahuan khusus tentang jenis mikroba dan kegunaannya. Hal ini karena setiap mikroba memiliki sifat dan fungsi yang spesifik. Satu jenis mikroba tidak bisa berlaku untuk semua proses produksi.

## A. Konsep Mikrobiologi

Maha Besar Tuhan yang Maha Esa yang telah menciptakan berbagai macam makhluk dengan berbagai macam ukuran. Ada makhluk berukuran besar dan makhluk berukuran kecil. Ada makhluk tampak mata dan makhluk tidak tampak mata, salah satu makhluk berukuran kecil tersebut adalah mikroba.

Salah satu cabang ilmu yang penting untuk dipelajari dalam Program Keahlian Teknik Kimia Industri adalah Mikrobiologi. Ilmu ini penting karena terkait dengan proses kimia yang melibatkan mikroba. Mikrobiologi merupakan cabang dari ilmu biologi yang khusus mempelajari jenis-jenis makhluk hidup berukuran mikro. Meskipun ukurannya kecil, mikroba memiliki peranan sangat penting, baik dalam proses produksi maupun pengolahan limbah. Proses ini dilakukan secara alami oleh mikroba dengan jenis tertentu sehingga proses dapat terjadi, baik dengan adanya kontrol maupun disesuaikan dengan kepentingan manusia.

### 1. Mengenal Mikroorganisme

Mikroorganisme berasal dari kata *micron* yang bermakna sangat kecil dan *organisme* yang bermakna makhluk hidup. Mikroorganisme dimaknai sebagai makhluk hidup yang mempunyai ukuran sangat kecil. Mikroorganisme dapat diamati menggunakan mikroskop dengan proses pembesaran.

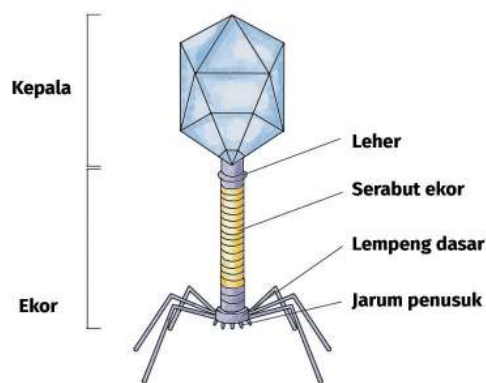
Oleh karena ukurannya sangat kecil, keberadaan mikroorganisme bisa di udara, air, tanah, atau berada dalam makhluk hidup lain. Mikroorganisme yang berada dalam makhluk hidup dapat menempel di berbagai jaringan seperti kulit, daging, dan darah.

## 2. Jenis-Jenis Mikroorganisme

Mikroorganisme merupakan jenis hewan dan tumbuhan ataupun yang menyerupainya serta memiliki ciri-ciri seperti hewan dan tumbuhan yang hidup dan berukuran sangat kecil. Jika diklasifikasikan ke dalam kelompoknya, jenis-jenis mikroorganisme antara lain sebagai berikut.

### a. Virus

Virus merupakan organisme berukuran kecil dan bersifat sebagai parasit. Virus menginfeksi sel-sel hidup dalam jaringan. Virus menyerang material yang ditempatinya agar dapat hidup dan bereproduksi mengingat virus tidak memiliki organ khusus untuk reproduksi sendiri. Virus disusun oleh sejumlah Ribo Nucleic Acid (RNA) atau Deoxyribo Nucleic acid (DNA) yang merupakan asam nukleat. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 12.2 Penampakan Virus

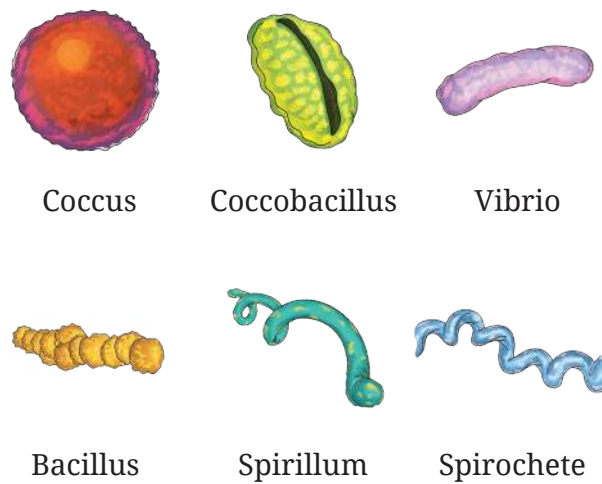
Sumber: Madigan (2015)

### b. Bakteri

Bakteri merupakan kumpulan organisme yang tidak memiliki membran pada inti selnya. Bakteri dapat hidup di dalam tubuh, baik manusia maupun hewan. Bakteri memiliki prokariota dan domain yang sangat kecil. Bakteri dapat hidup bersimbiosis dengan makhluk lain, sehingga memiliki berbagai peranan dalam kehidupan manusia.

Bakteri memiliki pengaruh baik dan buruk terhadap manusia. Bakteri berpengaruh negatif menyebabkan penyakit bagi manusia. Sebagai contoh adalah bakteri coli, bakteri salmonella, bakteri staphylococcus, dan bakteri difteri bacillus. Bakteri yang menguntungkan bagi manusia, contohnya bakteri *Saccharomyces cerevisiae* dan *Lactobacillus*.

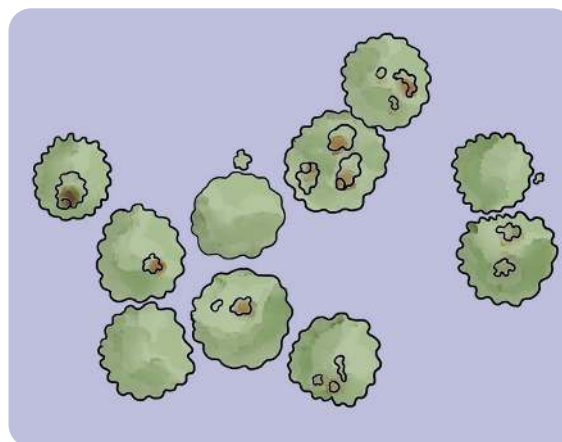
Bakteri disusun oleh beberapa bentuk, seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 12.3 Bentuk-Bentuk Bakteri

### c. Parasit

Parasit dikelompokkan dalam jenis hewan berukuran mikro yang bersifat merusak dan mengurangi produktivitas induk semangnya. Parasit menginfeksi manusia atau hewan dengan menyerang melalui kulit. Adapun perusak jaringan disebut parasitoid, merusak jaringan untuk memenuhi kebutuhan energi dan hidupnya. Induk semang mengalami kematian karena kekurangan gizi atau nutrisi serta rusaknya jaringan tubuh akibat adanya parasit. Parasit dapat hidup dalam darah, sebagai contoh *Plasmodium vivax* yang menyerang sel-sel darah merah manusia. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 12.4 Parasit dalam Darah

#### d. Jamur

Jamur merupakan sejenis tumbuhan yang sering dinamakan sebagai fungi. Jamur umumnya sedikit menyebabkan penyakit pada manusia. Jamur lebih merusak pada bahan makanan, seperti roti, nasi, dan daging. Jamur lebih banyak tumbuh pada bahan yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi. Penghilangan jamur dapat dilakukan dengan cara mengiris atau membuang bagian yang ditumbuhi oleh jamur tersebut. Perhatikan gambar berikut!



Gambar 12.5 Pertumbuhan jamur pada roti.

Sumber: Madigan (2015)

#### e. Ragi

Ragi sering juga disebut *khamir*. Ragi merupakan bahan tambahan untuk menumbuhkan bakteri pada proses fermentasi. Ragi menumbuhkan terjadinya proses fermentasi yang lebih cepat karena memicu dan membuat kecocokan media untuk hidup bakteri sehingga proses fermentasi berjalan lebih cepat.



Gambar 12.6 Pertumbuhan ragi pada pembuatan roti.

Sumber: Madigan (2015)

## B. Penerapan Mikrobiologi di Industri

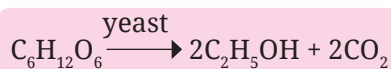
Mikroba memiliki peranan sangat penting dalam bidang kimia industri. Mikroba digunakan sebagai katalis atau pemicu dalam membantu terjadinya reaksi. Beberapa produk yang dihasilkan dengan bantuan mikroba sebagai berikut.

### 1. Keju

Bahan baku pembuatan keju adalah susu. *Curd* (inti protein) dipisahkan dari *whey* (air sisa), kemudian dilakukan proses denaturasi asam laktat menggunakan bakteri lacto dalam kultur yang pertama. Secara sederhana pembuatan keju dilakukan dengan memanaskan susu secara cepat hingga hampir mendidih, sehingga mikroba yang merugikan dapat terbunuh secara merata. Setelah dingin, bagian yang kental diberi kultur mikroba lalu dipanaskan pada suhu 180°C selama 24 jam. Dengan demikian, dihasilkan dua lapisan kental padat dan cairan pada lapisan bawah, kemudian disaring diambil bagian yang kental disebut dadih. Selanjutnya, diberi garam sebagai penghambat pertumbuhan mikroba lainnya.

### 2. Tape

Bahan baku tape adalah umbi-umbian yang mengandung karbohidrat. Umumnya bahan baku yang digunakan dalam pembuatan tape adalah singkong atau ubi kayu. Singkong yang sudah dikupas kemudian dimasak hingga mendidih dan matang. Hal ini dilakukan untuk membunuh bakteri yang ada dalam bahan, serta untuk memecah rantai-rantai panjang karbohidrat. Setelah didinginkan dan ditiriskan, dilakukan proses kultur bakteri atau proses peragian. Setelah peragian, dilakukan pemeraman selama 24–48 jam sehingga terbentuk tape. Tape mengandung alkohol yang dihasilkan dari proses fermentasi karbohidrat yang terkandung dalam ubi kayu. Reaksi fermentasi yang terjadi dengan bantuan mikroba pada substrat gula dapat diperhatikan pada reaksi berikut.



### 3. Roti

Pada pembuatan roti dibutuhkan proses peragian atau penumbuhan mikroba dengan tujuan agar roti dapat mengalami pengembangan atau tidak bantat. Roti dalam proses pembuatannya dicampur dengan fermentor yang berupa *yeast*. *Yeast* berfungsi mengembangkan mikroba sehingga pada saat pemasakan akan timbul gas-gas yang dilepas saat pemanasan yang menyebabkan roti mengembang. Roti menjadi besar dan lebih menarik.

#### 4. Yoghurt

Susu yang diolah dengan proses fermentasi menggunakan mikroba dapat menghasilkan yoghurt. Umumnya yoghurt menggunakan bantuan mikroba *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*. Susu dipanaskan untuk mengurangi kadar airnya. Setelah mengental, pada suhu 40°C dilakukan proses kultur bakteri yoghurt pada kondisi yang hangat. Setelah 24 jam kemudian diperoleh yoghurt. Supaya awet yoghurt disimpan dalam kondisi dingin.

#### 5. Tempe

Bahan baku tempe adalah kedelai. Kedelai direbus dan digiling sehingga kulit arinya mengelupas. Setelah itu kedelai ditiriskan dan didinginkan. Setelah dingin, diberi *Rizhopus sp.* Selanjutnya, dilakukan pemeraman selama 18–24 jam untuk memperoleh hasil yang siap dimasak.

#### 6. Kecap

Kecap diproduksi dengan bahan baku kedelai hitam atau dicampur. Kedelai yang sudah disortir kemudian dicuci hingga bersih, setelah itu dilakukan perebusan. Proses perebusan dilakukan dengan cara dikukus. Setelah itu kedelai ditiriskan sampai kering. Bibit bakteri *Aspergillus oryzae* diinokulasi pada kedelai rebus hingga merata. Proses fermentasi I dilakukan selama 3–5 hari kemudian ditambahkan larutan garam 20%. Selanjutnya proses fermentasi II berupa pembiakan bakteri dan proses peragian selama 3–4 minggu. Selanjutnya bahan direbus kembali dengan air. Setelah mendidih kemudian disaring. Hasil berupa filtrat atau *cake* sebagai limbah yang dapat digunakan untuk makanan ternak. Proses dilanjutkan dengan pasteurisasi, penambahan karamel, dan bumbu-bumbu penyedap kemudian dilakukan penyaringan.

#### 7. Penyedap Rasa/MSG

Penyedap rasa disebut juga monosodium glutamat. Pembuatannya dilakukan dengan pembuatan asam glutamat melalui metode fermentasi. Bahan bakunya berupa tetes tebu atau bahan baku yang mengandung glukosa. Bakteri *Micrococcus glutamicus* atau *Brevibacterium lactofermentum* digunakan untuk membantu proses fermentasi glukosa menjadi asam glutamat. Asam glutamat hasil fermentasi tetes tebu tersebut direaksikan dengan sodium hidroksida untuk pembuatan monosodium glutamat (MSG). MSG dapat digunakan sebagai bahan penyedap rasa atau aditif bumbu masak.

#### 8. Alkohol

Fermentasi merupakan proses pemecahan molekul glukosa oleh enzim amilase. Amilase diproduksi oleh mikroorganisme yang diinokulasi dari ragi. Oleh mikroba gula-gula sederhana dipecah menjadi senyawa alkohol dan gas CO<sub>2</sub>.



Proses fermentasi berjalan secara anaerob sehingga tidak membutuhkan oksigen, dalam kondisi tertutup dan tanpa diaduk serta tanpa aliran udara. Proses fermentasi tidak spontan terjadi sehingga perlu dibantu dengan pemicu berupa *Saccharomyces cerevisiae* sejenisnya.



### Tugas Proyek

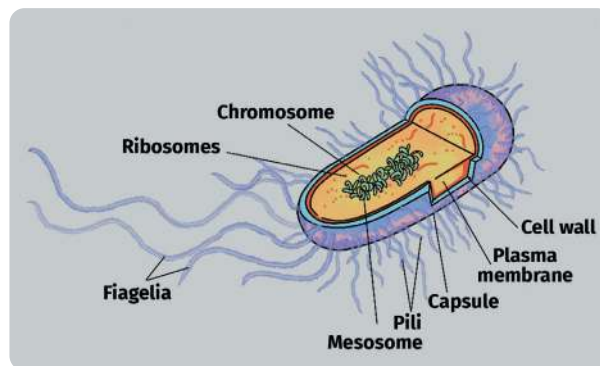
Setelah kalian memahami penerapan mikrobiologi di industri, buatlah satu produk yang menggunakan bantuan mikroorganisme! Misalnya tempe, tape, keju, dan lain-lain. Kerjakan tugas ini di rumah kalian secara berkelompok. Buatlah dokumentasi mulai dari bahan, alat, proses, dan hasilnya dalam bentuk video dan unggahlah di *Youtube*! Bagikan *link Youtube* di grup kelas dan dimohon kelompok lain memberi tanggapan!

## C. Identifikasi Bakteri dan Kapang

### 1. Morfologi Bakteri

Bakteri termasuk satu jenis anggota kelompok mikroorganisme. Bakteri tidak memiliki membran pada inti selnya. Bakteri berukuran kecil sehingga dapat hidup pada berbagai tempat dalam tubuh makhluk hidup maupun media bernutrisi yang tidak hidup.

Sifat bakteri ada yang bermanfaat bagi manusia dan juga bersifat merugikan manusia. Berbagai jenis bakteri yang merugikan manusia antara lain *Salmonella* dapat menyebabkan penyakit tifus, *Escherichia coli* dapat menyebabkan gangguan dalam tubuh manusia sehingga menyebabkan diare, *Difteri bacillus* dapat menyebabkan penyakit difteri.



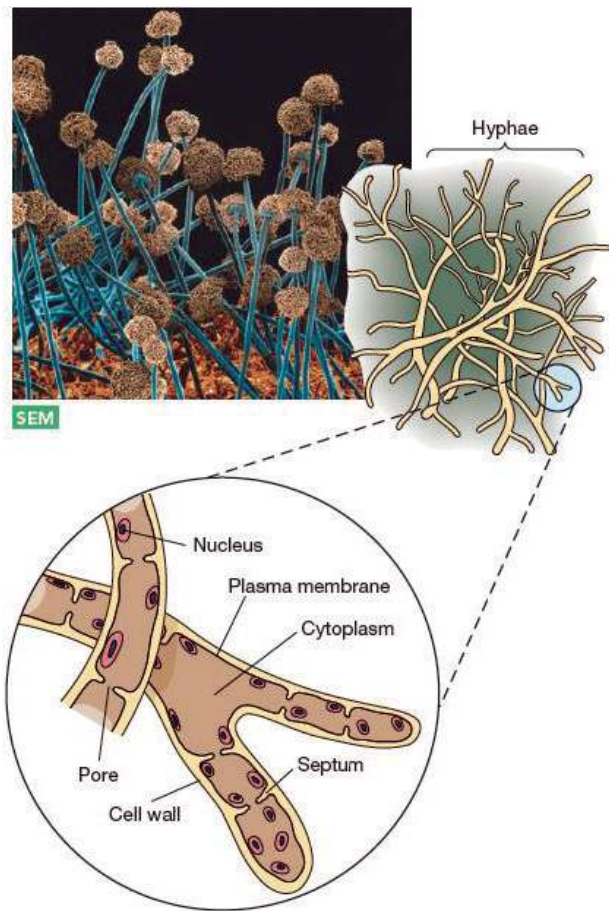
Gambar 12.7 Komponen Penyusun Bakteri

Banyak sekali bakteri yang bermanfaat bagi manusia. Bakteri yang bermanfaat antara lain *Lactobacillus casei shirota strain* yang membantu dalam pencernaan, terdapat pada produk susu fermentasi.



## 2. Morfologi Kapang

Kapang sering disebut jamur, cendawan, *khamir*, atau kapang lapuk. Kapang tersusun dalam struktur tubuhnya berupa filamen-filamen. Kapang dalam bidang kimia industri merupakan jenis mikroba yang berperan penting di industri kimia pangan. Namun, pertumbuhan yang tidak terkendali akan menyebabkan kerusakan media karena jamur atau kapang yang tumbuh akan melingkupi bahan makanan tersebut. Pertumbuhan kapang berupa serabut-serabut halus yang menyerupai serat-serat kapas. Pada tahapan awal pertumbuhan kapang akan berupa serat putih, selanjutnya akan tumbuh dan berwarna sesuai jenis kapang tersebut. Perhatikan struktur pertumbuhan satu jenis kapang berikut.



Gambar 12.8 Struktur Pertumbuhan Jamur/Kapang

Sumber: Black (2012)

Madigan (2015) menjelaskan bahwa taksonomi kapang meliputi semua kategori kapang. Setiap kapang termasuk dalam klasifikasi besarnya. Klasifikasi kapang dilakukan berdasarkan beberapa hal, yaitu jenis spora pada kapang,

morfologi hifa, dan siklus seksual dari kapang. Kelompok-kelompok besar ini menurut Madigan (2015), yaitu Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes, Oomycetes, dan Zygomycetes. Jamur ini selain deuteromycetes menghasilkan spora seksual.

Dari sekian banyak kapang yang dikaji terdapat jenis kapang yang menguntungkan dan merugikan bagi kehidupan manusia. Perhatikan manfaat dan kerugian bakteri bagi manusia, seperti pada tabel berikut.

**Tabel 12.1 Jenis Kapang, Manfaat, dan Kerugiannya**

No.	Nama Kapang	Manfaat/Kerugian
1.	<i>Aspergillus wentii</i>	pembuatan kecap
2.	<i>Auricularia auricula</i>	bisa dimakan
3.	<i>Lentinula edodes</i>	bisa dimakan
4.	<i>Penicillium notatum</i>	antibiotik
5.	<i>Penicillium requeforti</i>	Membuat keju
6.	<i>Rhizopus oryzae</i>	Membuat tempe
7.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Membuat tape
8.	<i>Volvariella volvacea</i>	bisa dimakan
9.	<i>Aspergillus flavus</i>	aflatoxin untuk obat antikanker
10.	<i>Aspergillus fumigatus</i>	kanker pada paru-paru burung
11.	<i>Rhizopus nigricans</i>	menyerang pada buah tomat
12.	<i>Puccinia graminis</i>	parasit pada gandum
13.	<i>Ustilago maydis</i>	menyerang tongkol jagung
14.	<i>Amanita muscaria</i> <i>Amanita phalloides</i>	bersifat racun dan menyebabkan halusinasi
15.	<i>Rhizopus stoloniferus</i>	jamur pada roti

### 3. Identifikasi Kapang

Identifikasi kapang dilakukan dengan melihat morfologi mikroskopik kapang tersebut.



## Aktivitas 12.1

### Mengidentifikasi Kapang Menggunakan Mikroskop

#### 1. Tujuan:

- a. Mampu mengoperasikan mikroskop.
- b. Mampu mengidentifikasi jenis kapang.

#### 2. Alat dan Bahan:

##### Alat:

- a. Mikroskop
- b. Pinset
- c. Jarum pentul

##### Bahan:

- a. Tempe
- b. Oncom
- c. Roti berjamur
- d. Aquades

#### 3. Cara Kerja:

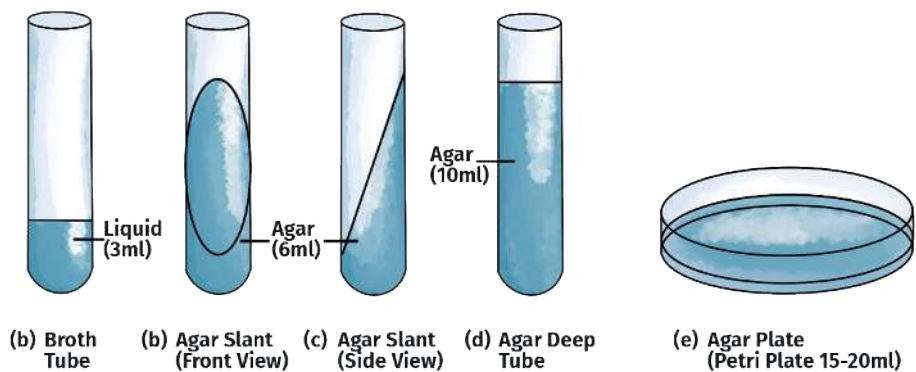
- a. Letakkan sedikit sampel tempe pada kaca objek dan tutup dengan kaca penutup.
- b. Aturlah mikroskop dengan perbesaran dari yang paling kecil.
- c. Aturlah preparat dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah supaya diperoleh bayangan yang paling jelas. Amati arah bayangan bergerak!
- d. Amati melalui lensa okuler bayangan objek yang terbentuk yang terjelas. Gambarlah di buku catatan.
- e. Aturlah perbesaran yang lebih tinggi sehingga diperoleh bayangan objek yang lebih besar dan lebih jelas.
- f. Lakukan langkah yang sama untuk mengamati objek yang lainnya (oncom dan roti berjamur). Perlakuan sampel disesuaikan dengan kondisi dan sifat sampel yang diamati.

## D. Media Pertumbuhan Mikroba

Pembiakan bakteri memerlukan media pertumbuhan yang tepat. Media merupakan tempat tumbuhnya mikroba. Media tersusun oleh bahan-bahan yang mengandung nutrisi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tumbuhnya mikroba. Media dapat berupa padatan dan cairan. Secara umum digunakan media kaldu atau agar sebagai bahan dasar media pertumbuhan mikroba. Komposisi media yang dibuat juga dipengaruhi oleh spesifikasi dan jenis mikroba.

Media dapat dibuat dengan melarutkan 3 gram kaldu bubuk dan 5 gram pepton dalam satu liter aquades.

Media yang baik harus memenuhi nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba untuk tumbuh dan berkembang. Media dapat dibuat dengan kaldu daging atau kaldu sayuran. Untuk percobaan di laboratorium lebih praktis digunakan kaldu cair atau media agar. Media agar yang dibuat kemudian ditempatkan dalam wadah berupa tabung reaksi atau dapat juga menggunakan cawan petri. Ada beberapa teknik dalam menyiapkan media berdasarkan penyajiannya. Perhatikan gambar berikut.



Gambar 12.9 Media pertumbuhan bakteri

Beberapa cara penyajian media dalam wadahnya antara lain sebagai berikut.

1. Media agar tegak, disajikan dalam tabung reaksi.
2. Media agar miring, disajikan dalam tabung reaksi.
3. Media agar *petri dish*, disajikan dalam cawan petri.

### Bahan-Bahan Media Pertumbuhan

Bakteri memerlukan nutrisi yang cukup sehingga media pertumbuhan harus mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba serta tidak mengandung bahan-bahan yang menghambat pertumbuhan mikroba.

**Media dapat disusun oleh bahan berikut.**

1. Bahan Dasar
  - a. Air murni atau aquades ( $H_2O$ ) berfungsi untuk pelarut bahan lainnya.
  - b. Agar-agar baik untuk bahan pematat media. Mencair pada suhu  $45-60^{\circ}C$  dan sulit didegradasi mikroba sehingga baik untuk media.
  - c. Gelatin baik sebagai media, bersifat seperti agar namun lebih mudah didegradasi mikroba daripada agar.
  - d. *Silica gel* berfungsi sebagai pematat media.

## 2. Nutrisi atau Zat Makanan

Unsur makro yang dibutuhkan adalah unsur C, H, O, N, dan P, sedangkan unsur mikro seperti S, Fe, Mg, dan unsur perunut/*trace element*. Metabolisme mikroba memerlukan nutrisi yang mengandung unsur-unsur tersebut.

### Beberapa Jenis Media Pertumbuhan

#### 1. *Plate Count Agar* (PCA)

PCA merupakan media yang umum digunakan untuk menumbuhkan mikroba di permukaan media. PCA umum digunakan untuk memudahkan dalam menghitung pertumbuhan total mikroba. PCA mengandung *casein enzymic hydrolysis* sebagai sumber asam amino dan nitrogen serta vitamin B kompleks.

#### 2. *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Identifikasi *yeast* dapat dilakukan dengan media PDA. Jamur dan kapang cocok ditumbuhkan dengan media PDA. Kandungan PDA sebagai sumber karbohidrat sehingga baik untuk jamur dan kapang, tetapi tidak cukup baik untuk pertumbuhan bakteri. Dalam PDA kandungan karbohidrat kentang sebanyak 20% dan glukosa sebesar 2%.

#### 3. *Lactose Broth*

*Lactose broth* berupa cairan yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri koli pada air, susu, atau makanan. Media ini diperkaya dengan kaldu untuk menumbuhkan bakteri *Salmonella*. Pepton dan ekstrak *beef* merupakan bahan baku pembuatan *Lactose broth*. Bahan tersebut sebagai sumber nutrisi esensial untuk pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Perhatikan gambar beberapa media berikut.



a. PDA



b. PCA



c. Lactose broth

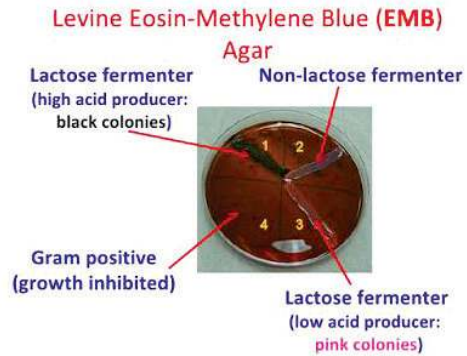
Gambar 12.10 Media PCA, PDA, dan *Lactose Broth*

Sumber: Black, J.G. (2012)

#### 4. Eosin Methylene Blue Agar (EMBA)

Media EMBA merupakan sumber laktosa untuk menumbuhkan mikroba jenis *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella*. Fermentasi

laktosa dari bakteri gram negatif dengan jumlah asam yang banyak menghasilkan koloni berwarna gelap, sedangkan fermentasi laktosa dengan asam sedikit akan menghasilkan koloni berwarna merah muda. Bakteri yang tidak memfermentasi laktosa menghasilkan koloni yang transparan. Perhatikan gambar media EMBA di samping.



Gambar 12.11 Media Pertumbuhan EMBA

Sumber: Black, J.G. (2012)

#### 5. Nutrient Agar (NA)

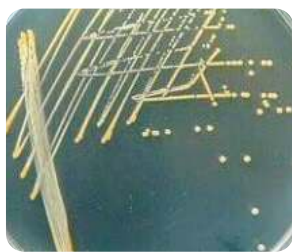
NA digunakan pada pengujian mutu air, *sewage*, produk pangan, dan produk *dairy*, untuk menumbuhkan mikroba yang bersifat heterotrof. Agar, pepton, dan ekstrak *beef* merupakan bahan dasar untuk pembuatan media NA. Media NA juga digunakan untuk mengisolasi kultur murni mikroba untuk pertumbuhan sampel pada uji bakteri.

#### 6. Nutrient Broth (NB)

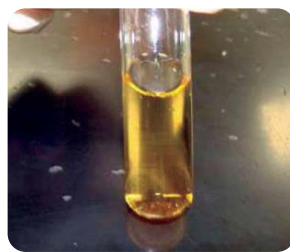
Media NB merupakan media yang berbentuk cair. NA terbuat dari bahan dasar yang sama dengan NB, hanya saja bentuk NB berupa cairan, sedangkan NA padatan. Media NB juga digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme pada uji mutu air, *sewage*, produk pangan, untuk isolasi kultur murni mikroba.

#### 7. deMan Rogosa Sharpe Agar (MRSA)

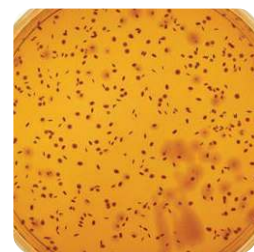
Pada tahun 1960 ditemukan MRSA oleh de Man, Rogosa, dan Shape. MRSA digunakan untuk mengisolasi *Lactobacillus*. MRSA sebagai sumber asetat, magnesium, mangan, dan polyasorbate. Perhatikan gambar media NA, NB, dan MRSA berikut.



a. NA



b. NB



c. MRSA

Gambar 12.12 Media Pertumbuhan NA, NB, dan MRSA

Sumber: Black, J.G. (2012)



## Urutan Proses Pembuatan Media Pertumbuhan

### 1. Mencampur

Aquades dipanaskan sampai mendidih. Selanjutnya bahan-bahan dasar media dilarutkan, diaduk, dan dicampur di atas pemanas sehingga terlarut dan tercampur dengan baik, serta diperoleh media yang steril.

### 2. Menyaring

Padatan dalam media bersifat mengganggu pertumbuhan mikroba, sehingga perlu dihilangkan dengan cara penyaringan. Penyaring dapat berupa kain saring, kertas saring, atau kapas saring. Untuk bahan yang menggumpal saat dingin seperti gelatin atau agar, maka dilakukan proses penyaringan pada saat masih panas. Perlu perlakuan khusus dan berhati-hati dalam proses penyaringan media yang masih panas.

### 3. Mengatur pH

Keasaman dapat diukur menggunakan indikator universal pH atau pH *stick paper*. Basa atau asam jenis organik atau anorganik dapat ditambahkan sebagai pengatur pH media. Dapat juga dengan menambahkan larutan *buffer* sebagai pengatur pH media pertumbuhan.

### 4. Penuangan

Penuangan dapat dilakukan dengan wadah tabung reaksi, erlenmeyer, atau cawan petri, tergantung kebutuhan dari media tersebut. Jika media telah dingin, dibungkus dengan kertas perkamen untuk memastikan tidak basah pada saat dilakukan proses sterilisasi.

### 5. Sterilisasi

Proses *steaming* umum dilakukan untuk sterilisasi karena mudah dan murah. Proses *steaming* dilakukan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15–30 menit. Proses sterilisasi *steaming* dilakukan dengan media uap air panas.



### Aktivitas 12.2

Setelah kalian memahami pembuatan media, silakan kalian bentuk kelompok diskusi beranggotakan 2 orang, kemudian cari video pembuatan media. Perhatikan tahap-tahapnya, diskusikan dan catat di buku kalian.

## E. Teknik Sterilisasi

Pada proses pembiakan dan pertumbuhan mikroba dilakukan dalam media yang bersifat steril dari berbagai pengotor atau kontaminan. Sterilisasi merupakan proses yang dilakukan untuk membunuh bakteri atau kontaminan dalam media pertumbuhan bakteri. Salah satu proses sterilisasi sederhana dalam laboratorium adalah pemanasan atau pembakaran dengan bunsen. Untuk peralatan yang tidak tahan panas/api dapat dilakukan dengan *autoclave*.



Gambar 12.13 *Autoclave* sebagai alat sterilisasi.

Sumber: Juan de Vojnikov/Wikimedia Commons (2010)

### 1. Prinsip dan Tujuan Sterilisasi

Konsep dasar sterilisasi sangat penting dipahami. Prinsip sterilisasi menjadi dasar proses yang dilakukan untuk memperoleh tujuan sterilisasi.

#### a. Prinsip Sterilisasi

Sterilisasi pada dasarnya adalah proses menghilangkan kontaminan pengotor dan mikroba yang terdapat pada media, bahan, dan peralatan analisis mikrobiologi. Dilakukan dengan mematikan mikroba-mikroba yang menempel pada alat dan bahan. Metode umum sterilisasi adalah memanaskan alat dan bahan pada suhu 121°C. Selain itu, sterilisasi dapat dilakukan secara radiasi, penyaringan/filtrasi, dan penambahan bahan kimia.

#### b. Tujuan Sterilisasi

Sterilisasi bertujuan memperoleh alat dan bahan atau media yang steril bebas dari mikroba-mikroba kontaminan. Perincian tujuan sterilisasi sebagai berikut.

- 1) Mensterilkan media, bahan, dan peralatan sehingga siap pakai.
- 2) Memperoleh standar peralatan yang steril dan bebas mikroba.
- 3) Mencegah kerusakan media, alat, dan bahan dari kontaminan.
- 4) Menjamin kelayakan dan standar kebersihan peralatan yang digunakan.
- 5) Mencegah terjadinya infeksi oleh kontaminan.
- 6) Melaksanakan prosedur sesuai dengan standar baku mutu.

### 2. Metode Sterilisasi

Untuk melakukan sterilisasi diperlukan alat dan bahan serta metode sterilisasi. Terdapat beberapa metode sterilisasi antara lain metode pemanasan kering, pemanasan basah, filtrasi, sinar radiasi dan kimia. Adapun metode sterilisasi yang sering dilakukan sebagai berikut.

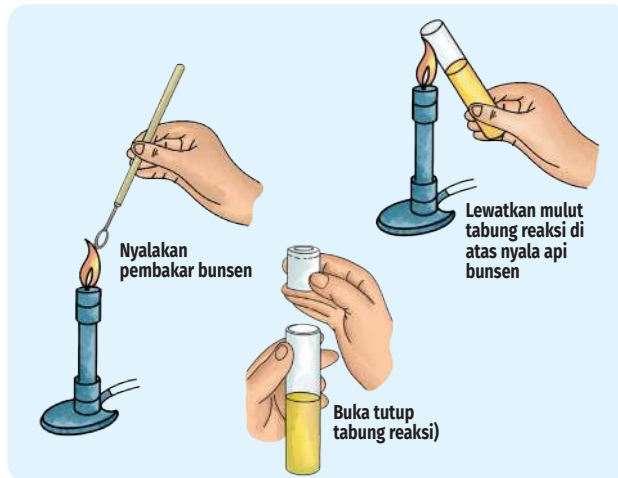
#### a. Metode Pemanasan Kering

Metode sterilisasi ini dilakukan dengan pemanasan langsung alat dan bahan menggunakan udara panas. Metode sterilisasi dibedakan menjadi:



### 1) Sterilisasi dengan pembakaran

Sterilisasi dilakukan langsung di atas bara api bunsen atau alat pembakar gas. Sterilisasi ini disebut metode pemijaran alat. Untuk alat yang terbuat dari kaca atau logam, misalnya ose, pinset, dan tang krus.



Gambar 12.14 Sterilisasi *Hot Air*

Sumber: Black, J.G. (2012)

### 2) Pemanasan Kering Menggunakan Udara Panas

Sterilisasi dapat dilakukan pada oven sterilisator. Oven ini untuk sterilisasi alat-alat gelas, seperti cawan petri, tabung reaksi, gelas kimia, dan erlenmeyer. Oven ini juga digunakan untuk sterilisasi bahan serbuk, *powder* atau minyak. Pemanasan menggunakan *hot air oven*.



Gambar 12.15 Sterilisasi *Hot Air Oven*

Sumber: Black, J.G. (2012)

#### b. Metode Pemanasan Basah

Sterilisasi menggunakan uap air/air panas. Sterilisasi metode basah dapat dibagi menjadi beberapa macam sebagai berikut.

- 1) Pemanasan basah dengan perebusan  
Alat direbus dalam air mendidih selama 30–60 menit. Contohnya pinset, gunting, jarum, dan penjepit.
- 2) Pemanasan basah dengan steam/uap air panas  
Alat dialiri uap air panas/*steam* selama 60 menit. Metode ini untuk media yang tidak tahan terhadap tekanan tinggi.

- 3) Pemanasan basah dengan uap air panas bertekanan tinggi (*autoclave*)  
Alat dimasukkan dalam *autoclave* di atas suhu didih air dan tekanan tinggi selama 30–70 menit.
- 4) Pasteurisasi  
Metode pasteurisasi adalah pemanasan media atau bahan (umumnya susu dan alkohol) dalam wadah pada suhu sekitar 60–65°C selama 30 menit.



### Aktivitas 12.3

#### Terampil Melakukan Proses Sterilisasi

##### 1. Sterilisasi Area Kerja

- a. Meja dan area kerja dikosongkan terlebih dahulu dari alat dan bahan.
- b. Permukaan meja kerja dan area kerja disemprot dengan alkohol tipis dan merata.
- c. Alat dan bahan diletakkan kembali pada meja kerja dan semprotkan alkohol pada alat tersebut tanpa mengontaminasi bahan.
- d. Tunggu hingga mengering, selanjutnya untuk memastikan kondisi steril semprotkan kembali alkohol di area kerja tersebut dan biarkan sampai mengering.
- e. Bersihkan tangan sebelum bekerja, semprotkan sedikit alkohol untuk sterilisasi telapak tangan.
- f. Bunsen disiapkan sebagai alat untuk sterilisasi dengan pemanasan langsung. Pastikan bahwa area kerja sudah kering dan bebas dari tumpahan alkohol.

##### 2. Penggunaan *Autoclave*

- a. Pemeriksaan pendahuluan terhadap kondisi *autoclave*, kebersihan, karat, sekrup dan angsang (saringan), serta jumlah aquades yang digunakan.
- b. Objek yang dilakukan sterilisasi satu persatu dimasukkan dalam *autoclave*, ditata rapi, dan tidak terjadi desakan. Wadah yang bertutup diupayakan jangan terlalu kencang karena saat pemanasan bisa terjadi tekanan tinggi dan mampat.
- c. Kencangkan baut *autoclave* untuk menutupnya. Jangan sampai terjadi kebocoran uap melalui penutup *autoclave*, diupayakan sekat rapat pemasangannya. *Safety valve autoclave* tidak boleh dikencangkan dahulu.
- d. Arus listrik berdaya listrik tinggi disambungkan dengan benar dan kencang pada *autoclave*. *Autoclave* dinyalakan dan diatur pada suhu 121°C. *Timer* atau waktu sterilisasi diatur sesuai dengan kebutuhan, misalnya 15, 30, atau 60 menit.

- e. Pada saat air mendidih dan tekanan dalam mencapai 2 atm, hitungan proses sterilisasi dimulai. Pastikan katup pengaman otomatis berfungsi.
- f. Setelah selesai, tunggu sampai tekanan dalam alat sama dengan tekanan udara luar. Pastikan suhu alat sudah dingin, kemudian objek yang disterilisasi dapat dikeluarkan dari autoclave. Perhatikan sterilisasi dalam *autoclave* pada gambar di samping.



Gambar 12.16 Sterilisasi *Steam Autoclave*  
Sumber: Black, J.G. (2012)

### 3. Sterilisasi Peralatan Gelas dan Logam Menggunakan Oven

- a. Periksa pendahuluan terhadap kondisi oven, pastikan normal, bersih, dan siap dioperasikan.
- b. Peralatan logam dan peralatan gelas yang akan disterilisasi dimasukkan dan ditata rapi dalam oven.
- c. Oven disetting pada suhu 160–180 °C dengan waktu 120–180 menit.
- d. Setelah dingin kemudian peralatan dikeluarkan dari oven.

### 4. Sterilisasi bahan dan media pertumbuhan

- a. Dapat dilakukan dengan *autoclave*, lakukan pemeriksaan pendahuluan terhadap *autoclave*.
- b. Bahan dan media pertumbuhan yang akan disterilisasi satu persatu dimasukkan dalam *autoclave*, ditata rapi, dan tidak terjadi desakan. Wadah yang tertutup diupayakan jangan terlalu kencang karena saat pemanasan bisa terjadi tekanan tinggi dan mampat. Pastikan tidak terjadi tumpahan saat proses sterilisasi.
- c. Kencangkan baut *autoclave* untuk menutupnya. Jangan sampai terjadi kebocoran uap melalui penutup *autoclave*, diupayakan sekat rapat pemasangannya. *Safety valve autoclave* tidak boleh dikencangkan dahulu.
- d. Operasikan *autoclave* pada suhu 121°C selama waktu 15, 30, atau 60 menit dihitung waktunya dari saat mulai mendidih.
- e. Bahan dan media pertumbuhan dikeluarkan dari *autoclave* setelah dingin.

### 5. Sterilisasi Bahan Baku Cair

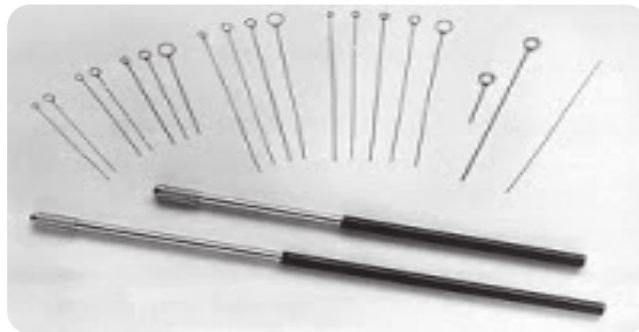
Teknik sterilisasi bahan cair, prosedurnya sebagai berikut.

- a. Media uji sterilisasi disiapkan, bisa menggunakan tioglikolat cair dan *soybean casein digest medium* dalam tabung media.
- b. Cairan dipindahkan dari wadah uji menggunakan pipet steril.

- c. Bahan uji diinokulasikan dimana sampelnya infus dekstrosa 5% dan injeksi fenitoin sesuai volume yang dipersyaratkan, dari wadah uji ke tabung media.
- d. Cairan tersebut dicampurkan dengan media tanpa aerasi berlebihan.
- e. Media diinkubasi dalam wadah selama tidak kurang dari 14 hari, untuk media tioglikolat cair diinkubasi pada suhu 30°–35°C dan *soybean casein digest medium* pada suhu 20°–25°C.
- f. Pertumbuhan pada media diamati secara visual sesering mungkin sekurang-kurangnya pada hari ke-3 atau ke-4 atau ke-5, pada hari ke-7 atau hari ke-8, dan pada hari terakhir dari masa uji.
- g. Jika zat uji menyebabkan media menjadi keruh sehingga pertumbuhan mikroba tidak dapat ditentukan secara visual, maka sejumlah media dipindahkan ke dalam tabung baru berisi media yang sama, sekurangnya 1 kal pada hari ke-3 dan ke-7 sejak pengujian dimulai.
- h. Inkubasi media dilanjutkan terhadap media awal dan media baru selama total waktu tidak kurang dari 14 hari sejak inokulasi awal.

## F. Teknik Isolasi dan Inokulasi

Mikroba yang berada di lingkungan merupakan campuran, jarang dalam biakan murni. Untuk mengetahui jenis mikroba, perlu dipisahkan dari campuran lain yang dinamakan dengan isolasi. Tahap pertama dalam isolasi adalah pengambilan sampel. Pengambilan sampel dapat dilakukan dengan jarum ose. Berbagai macam jarum ose dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 12.17 Jarum Ose

Sumber: Yusminar (2017)

Madigan, 2015 menjelaskan beberapa teknik isolasi biakan murni mikroba sebagai berikut.

1. Teknik Cawan gores, media dalam cawan petri dengan jarum ose digoresi inokulum pada permukaan media agar yang memadat. Penggoresan berupa garis berjarak 5 mm, sehingga akan muncul bakteri yang tumbuh koloni-koloni secara terpisah sesuai dengan goresan yang dibuat pada media.

2. Cawan tebar, cawan petri sebagai wadah ditetesi biakan mikroba di tengahnya pada saat nutrisi mulai memadat. Dilakukan menggunakan jarum ose atau batang kaca bengkok steril. Pada cawan petri akan terdapat koloni-koloni terpisah yang tersebar secara tidak teratur di permukaan media.
3. Cawan tuang, wadahnya menggunakan tabung reaksi. Biakan bakteri dimasukkan ke dalam tabung media cair steril yang masih hangat dan belum memadat. Supaya merata maka tabung dapat digojog dengan dipilin menggunakan kedua telapak tangan.

Isolasi mikroba dapat diambil dari sampel atau jaringan untuk dibuat menjadi kultur murni. Sampel dapat diambil dari air, udara atau darat, baik dari tanaman, hewan, maupun bahan makanan lainnya. Perhatikan tanda-tanda pertumbuhan mikroba, tabung kiri berkembang baik, tabung tengah berkembang sedikit, dan tabung kanan tidak berkembang sama sekali. Perhatikan gambar berikut.

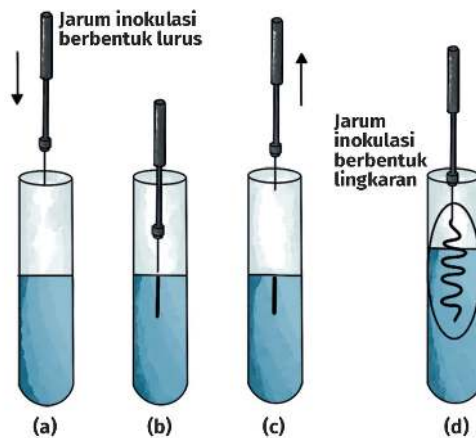


Gambar 12.18 Media Pembiakan dalam Tabung

Sumber: Black, J.G. (2012)

Inokulasi merupakan cara menanam mikroba dalam media. Beberapa contoh teknik inokulasi sebagai berikut.

- a. *Spread plate*, merupakan teknik menyebar bibit mikroba pada permukaan media pertumbuhan.
- b. *Pour plate*, merupakan teknik menanam bibit mikroba dengan menuangkannya ke dalam media pertumbuhan yang belum memadat, kemudian dihomogenisasi dengan diaduk dan dibiarkan memadat dan tumbuh kultur murni mikroba.
- c. *Streak methods*, teknik menanam bibit mikroba dengan membuat goresan pada permukaan media pertumbuhan yang sudah memadat.
- d. Metode tusuk, merupakan teknik menanam bibit mikroba dengan membuat tusukan-tusukan menggunakan jarum ose pada media.



Gambar 12.19 Metode pemasukan bibit dengan jarum ose



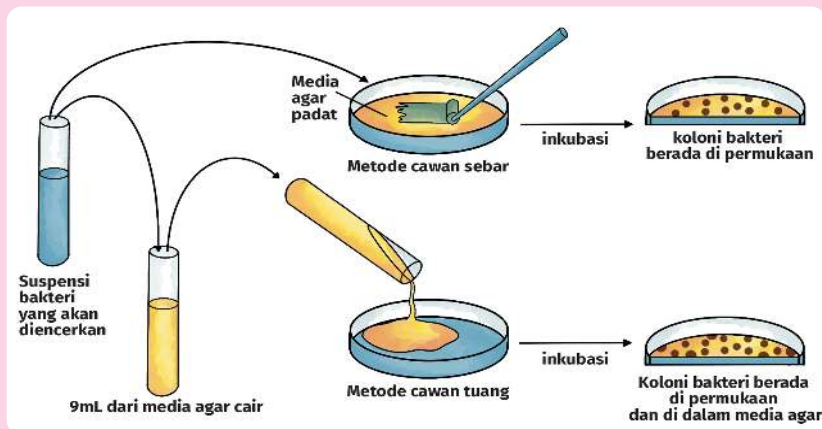
### Aktivitas 12.4

#### Terampil Melaksanakan Isolasi dan Inokulasi

Langkah proses isolasi secara umum diklasifikasikan sebagai berikut.

##### 1. Isolasi Metode Tuang

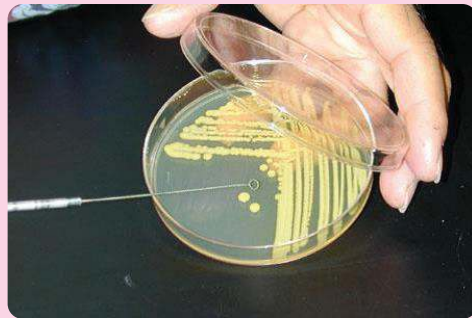
- Sampel cairan dipipet sebanyak 10 tetes dimasukkan ke cawan petri.
- Media TEA 10 ml ditambahkan dalam cawan petri tersebut dan diaduk hingga homogen.
- Cawan petri kemudian dimasukkan inkubator. Bakteri selama  $1 \times 24$  jam dan jamur  $3 \times 24$  jam.
- Setelah selesai diinkubasi, sampel dikeluarkan dari inkubator dan dilakukan pengamatan serta pencatatan hasil inkubasi. Perhatikan proses inkubasi berikut.



Gambar 12.20 Metode Tuang dan Metode Sebar

## 2. Isolasi Metode Gores

- Media TEA sebanyak 10 ml dimasukkan cawan petri hingga memadat.
- Media yang sudah memadat digores menggunakan jarum ose.
- Cawan petri dimasukkan ke inkubator. Bakteri selama  $1 \times 24$  jam dan jamur  $3 \times 24$  jam.
- Setelah selesai diinkubasi, sampel dikeluarkan dari inkubator dan dilakukan pengamatan serta pencatatan hasil inkubasi. Perhatikan proses inkubasi berikut.



Gambar 12.21 Metode Cawan Gores

Sumber: Black, J.G. (2012)

## 3. Isolasi Metode Sebar

- Media TEA sebanyak 10 ml dimasukkan ke cawan petri hingga memadat.
- Media yang sudah memadat diinokulasi menggunakan trigalsky.
- Cawan petri dimasukkan ke inkubator. Bakteri selama  $1 \times 24$  jam dan jamur  $3 \times 24$  jam.
- Setelah selesai diinkubasi, sampel dikeluarkan dari inkubator dan dilakukan pengamatan serta pencatatan hasil inkubasi. Perhatikan proses inkubasi berikut.



Gambar 12.22 Metode Cawan Sebar



#### 4. Isolasi Metode Tabur

- Media TEA sebanyak 10 ml dimasukkan ke cawan petri hingga memadat.
- Media yang sudah memadat digores menggunakan jarum ose.
- Cawan petri dimasukkan ke inkubator. Bakteri selama  $1 \times 24$  jam dan jamur  $3 \times 24$  jam.
- Setelah selesai diinkubasi, sampel dikeluarkan dari inkubator serta dilakukan pengamatan dan pencatatan hasil inkubasi. Perhatikan proses inkubasi berikut.



Gambar 12.23 Metode Cawan Tuang Tabur

Sumber: Black, J.G. (2012)

#### G. Penentuan Jumlah Bakteri/Kapang

Penentuan kapang sebagai salah satu uji mikroba merupakan salah satu uji yang penting untuk menguji ketahanan suatu bahan terhadap mikroba. Pengujian dilakukan dengan metode Angka Lempeng Total (ALT) juga disebut Angka Kapang Khamir juga sering disebut *Total Plate Count* (TPC). Mikroba yang dibiakkan membentuk koloni pada media, koloni dapat dihitung langsung jumlahnya tanpa menggunakan mikroskop.

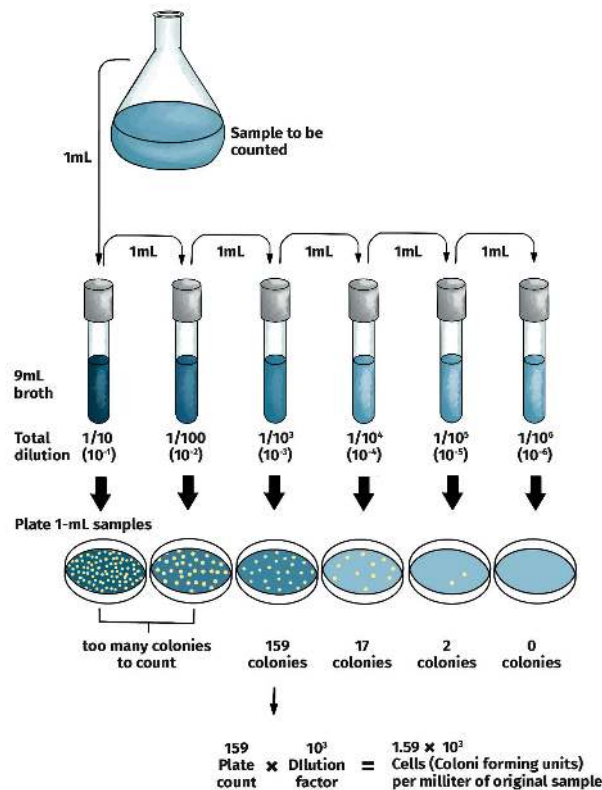
Proses ALT terbatas pada jumlah mikroba yang terkandung di dalamnya, sehingga perlu dilakukan pengenceran untuk jumlah di atas 300 mikroba per ml atau per gram sebelum pembiakan mikroba pada media. Koloni yang dapat dihitung berjumlah 30–300 koloni. *Buffer* fosfat dan larutan *Ringer* dapat digunakan untuk pengenceran dengan perbandingan pengenceran sebesar 1:10, 1:100, 1:1.000, 1:10.000, 1:100.000 atau 1:1.000.000 setelah diinokulasi pada cawan dengan metode tuang (*pour plate*) atau metode gores (*surface/spread plate*). Selanjutnya didiamkan sehingga koloni akan terbentuk. Koloni dalam sampel dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Koloni per ml (atau per gram)} = \text{jumlah koloni per cawan} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

Kompetensi dasar yang dibutuhkan untuk melakukan metode hitungan angka lempeng Total (ALT), yaitu kompetensi pengenceran larutan. Pengenceran bertujuan untuk mengurangi konsentrasi mikroba dalam sampel. Pertumbuhan



koloni dapat diamati jika jumlah dalam sampel sedikit. Pengenceran dilakukan dengan proses berikut.



Gambar 12.24 Prosedur pengenceran untuk teknik TPC.

Sumber: Madigan (2015)

Setelah pengenceran, dilakukan inokulasi pada media kemudian dilakukan inkubasi. Pasca inkubasi dilakukan pengamatan dan perhitungan jumlah koloni yang tumbuh. Satu koloni umumnya terdiri atas bakteri yang memiliki sifat-sifat mirip bahkan sama. Bentuk dan susunannya juga sama.

*Standard Plate Counts* (SPC) digunakan untuk menjelaskan hasil uji ALT, dengan ketentuan berikut.

1. Pada cawan yang dapat dihitung memiliki 30–300 koloni (pada standar lain 25–250 koloni).
2. Gabungan koloni besar yang merupakan kumpulan koloni besar dan diragukan jumlahnya, maka dapat dianggap satu koloni.
3. Nilai pelaporan berupa 2 angka, angka pertama satuan dan angka kedua desimal. Jika diperoleh angka ketiga, dibulatkan sesuai dengan aturan pembulatan.

4. Jika terdapat kurang dari 30 koloni berarti pengencerannya terlalu tinggi sehingga koloni terlalu sedikit. Diperoleh hasilnya yakni jumlah koloni kurang dari 30 dikalikan dengan besarnya pengenceran.
5. Jika terdapat lebih dari 300 koloni, berarti konsentrasi terlalu tinggi. Oleh karena itu, jumlah koloni pada pengenceran tertinggi yang dihitung. Diperoleh hasilnya yakni jumlah koloni lebih dari 300 dikalikan dengan besarnya pengenceran.
6. Pada pengenceran dua tingkat dihasilkan angka antara 30–300 koloni, terdapat dua cara pengambilan jumlah. Jika hasil tertinggi dibagi terendah kurang dari dua, diambil hasil berupa rata-rata kedua hasil yang diperoleh. Jika hasil tertinggi dibagi terendah lebih dari dua, diambil hasil berupa hasil terendah.
7. Pada percobaan duplo cawan per pengenceran dan angka diperoleh antara 30–300 koloni, maka data yang diambil harus dari keduanya dan tidak boleh salah satu. (Madigan, 2012).

Proses perhitungan koloni mikroba dapat dilakukan dengan beberapa ketentuan dan analisis berikut.

1. Jika terdapat 10–150 koloni pada cawan, maka dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$N = \frac{\sum c}{\{(1 \times n1) + (0,1 \times n2)\} \times (d)}$$

dimana:

N : Jumlah koloni total, satuan koloni/ml atau koloni/gram

ΣC : Jumlah koloni total pada semua sampel

n1 : Jumlah cawan pengenceran pertama yang dihitung

n2 : Jumlah cawan pengenceran kedua yang dihitung

d : Pengenceran pertama yang dihitung.

#### Contoh perhitungan:

Data hasil pengujian kapang suatu objek diperoleh data pengujian sebagai berikut.

**Data Penghitungan Jumlah Koloni**

Pengenceran	Koloni Cawan P	Koloni Cawan Q	Keterangan
10 <sup>-2</sup>	80	90	
10 <sup>-3</sup>	25	30	

Pada pengenceran  $10^{-2}$  pada cawan P terdapat 80 koloni dan pada cawan Q terdapat 90 koloni. Selanjutnya pada pengenceran  $10^{-3}$  pada cawan P terdapat 25 koloni dan pada cawan Q terdapat 30 koloni. Kemudian diolah dalam rumus:

$$N = \frac{(80 + 90 + 25 + 30)}{\{(1 \times 2) + (0,1 \times 2)\} \times (10^2)}$$

$$N = \frac{220}{(0,0022)}$$

$$N = 10.000 \frac{\text{kolom}}{\text{gram}}$$

Jadi, terdapat 10.000 koloni/gram.

2. Pada cawan yang didapati koloni lebih dari 150 koloni pada semua pengenceran, disimpulkan terlalu banyak untuk dihitung atau TBUD. Jika mendekati 150 koloni, maka diambil rata-ratanya.

### Contoh Perhitungan:

Data hasil suatu pengujian kapang suatu objek diperoleh data pengujian sebagai berikut.

**Data Penghitungan Jumlah Koloni**

Pengenceran	Koloni Cawan P	Koloni Cawan Q	Keterangan
$10^{-2}$	920	856	Tak terhitung
$10^{-3}$	540	434	Tak terhitung
$10^{-4}$	288	240	Tak terhitung
$10^{-5}$	155	161	

Pada pengenceran  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ , dan  $10^{-4}$  diperoleh data jumlah koloni jauh lebih tinggi dari 150 koloni dan dinyatakan TBUD. Pada pengenceran  $10^{-5}$  pada cawan P terdapat 155 koloni dan cawan Q terdapat 161 koloni. Diperoleh rata-rata kapang sebanyak 158 koloni/gram.

3. Pelaporan hasil uji bakteri

Hasil pelaporan ALT untuk jumlah koloni memperhatikan hal berikut.

- a. Hasil akhir berupa dua digit angka. Angka pertama sebagai angka pasti. Angka kedua sebagai angka pembulatan.
- b. Pembulatan angka kedua dilakukan sebagaimana standar pembulatan angka. Angka 0 digunakan untuk digit selanjutnya.
- c. Angka kedua dibulatkan ke atas jika angka ketiga lebih dari atau sama dengan angka 5. Jika kurang dari angka 5, dibulatkan ke bawah.

**Contoh Perhitungan:**

Data hasil suatu pengujian kapang suatu objek. Diperoleh data pengujian sebagai berikut.

**Data Penghitungan Jumlah Koloni**

Pengenceran	Koloni Hasil Perhitungan	Pembulatan Hasil Hitung ALT
$10^{-3}$	11.300	11.000
$10^{-3}$	15.700	16.000
$10^{-3}$	12.500	13.000

d. Beri tanda bintang (\*) untuk cawan yang kurang dari 10 koloni.

**Contoh Perhitungan:**

Data hasil suatu pengujian kapang terhadap tempe yang telah membusuk. Diperoleh data hasil pengujian sebagai berikut.

**Data Penghitungan Jumlah Koloni**

Pengenceran	Koloni Cawan P*	Koloni Cawan Q*	Keterangan
$10^{-2}$	5	9	Kurang dari 10
$10^{-3}$	0	1	Kurang dari 10

Perhitungan koloni bakteri mengacu pada kaidah SNI 2897-2018 sebagai berikut.

1. Jumlah koloni dalam cawan sebanyak 25–250 koloni. Contoh data jumlah koloni sebagai berikut.

Pengenceran	Cawan P	Cawan Q	Keterangan
$10^{-2}$	200	345	Cawan P memenuhi syarat.
$10^{-3}$	26	35	Cawan Q tidak memenuhi syarat karena jumlah koloni ada 345.

Cawan P datanya memenuhi syarat, sedangkan cawan Q tidak karena terdapat 345 koloni. Jumlah yang tidak diizinkan. Jumlah koloni rata-rata diwakili oleh cawan P, yaitu:

$$N = \frac{\left(200 \times \frac{1}{10^{-2}}\right) + \left(26 \times \frac{1}{10^{-3}}\right)}{2}$$

$$N = \frac{(200 \times 100) + (26 \times 1000)}{2}$$

$$N = \frac{(20.000) + (26.000)}{2}$$

$$N = 23.000$$

Jumlah koloni dalam 1 ml adalah 23.000 cfu/ml.

- Untuk jumlah koloni  $\leq 25$  atau  $\geq 250$ , dihitung rata-rata koloninya, dan dikalikan faktor pengencerannya.

Contoh data jumlah koloni sebagai berikut.

Pengenceran	Cawan P	Cawan Q	Jumlah Koloni Rata-Rata
$10^{-2}$	250	270	$= \frac{(250 + 270)}{2} \times \left(\frac{1}{10^{-2}}\right) = 260 \times 10^2$ $= 26.000$
$10^{-3}$	26	34	$= \frac{(26 + 34)}{2} \times \left(\frac{1}{10^{-3}}\right) = 30 \times 10^3$ $= 30.000$

Diperoleh perhitungan metode TPC:

$$N = \frac{\left((250 + 270) \times \frac{1}{10^{-2}}\right) + \left((26 + 34) \times \frac{1}{10^{-3}}\right)}{2}$$

$$N = \frac{(260 \times 100) + (30 \times 1000)}{2}$$

$$N = \frac{(26.000) + (30.000)}{2}$$

$$N = 28.000$$

Jumlah koloni dalam 1 ml adalah 28.000 cfu/ml.

- Jika jumlah mikroba 25–250 koloni, maka dihitung dari tiap-tiap tingkat pengenceran, dikalikan dengan faktor pengencerannya.

Contoh data jumlah koloni sebagai berikut.

Pengenceran	Cawan P	Cawan Q	Jumlah Koloni Rata-Rata
$10^{-2}$	245	235	$= \frac{(245 + 235)}{2} \times \left(\frac{1}{10^{-2}}\right) = 240 \times 10^2$ $= 24.000$
$10^{-3}$	45	35	$= \frac{(45 + 35)}{2} \times \left(\frac{1}{10^{-3}}\right) = 40 \times 10^3$ $= 40.000$

Diperoleh perhitungan metode ALT:

$$N = \frac{\left( (245 + 235) \times \frac{1}{10^{-2}} \right) + \left( (45 + 35) \times \frac{1}{10^{-3}} \right)}{2}$$

$$N = \frac{(240 \times 100) + (40 \times 1000)}{2}$$

$$N = \frac{(24.000) + (40.000)}{2}$$

$$N = 32.000$$

Jumlah koloni adalah 32.000 cfu/ml.

4. Jika hasil perhitungan koloni rata-rata, pada tingkat pengenceran yang lebih tinggi diperoleh jumlah koloni rata-rata  $\geq 2$  kali jumlah koloni rata-rata pengenceran di bawahnya, maka dipilih tingkat pengenceran yang lebih rendah.

Contoh data penghitungan jumlah koloni sebagai berikut.

Pengenceran	Jumlah Koloni Rata-Rata
$10^{-2}$	150
$10^{-3}$	48

Diperoleh perhitungan metode ALT:

$$N = 150 \times (1/10^{-2})$$

Jumlah koloni adalah 15.000 cfu/ml.

5. Jika koloni tidak tumbuh satupun dalam cawan, maka ALT dinyatakan sebagai  $<1$  dikalikan faktor pengenceran terendah.

Contoh data jumlah koloni sebagai berikut.

Pengenceran	Jumlah Koloni Rata-Rata
$10^{-2}$	0
$10^{-3}$	0
$10^{-4}$	0

Jumlah koloni adalah kurang dari 100 cfu/ml.

6. Jika jumlah koloni  $\geq 250$  pada semua cawan, maka diambil cawan dengan pengenceran tertinggi dan dibagi beberapa sektor (2,4, atau 8) dan dihitung jumlah koloni per sektor.

Contoh data jumlah koloni 4 Sektor sebagai berikut.

Pengenceran	Cawan P (4 Sektor)	Cawan Q (4 Sektor)
$10^{-2}$	400	600
$10^{-3}$	700	800

Dapat dihitung data jumlah koloni per 1 Sektor

Pengenceran	Cawan P (1 Sektor)	Cawan Q (1 Sektor)
$10^{-2}$	100	150
$10^{-3}$	175	200

Selanjutnya jumlah koloni dikalikan dengan jumlah sektor, dan dihitung rata-rata dari kedua cawan dengan dikalikan faktor pengenceran.

Jumlah sektor: 4

Contoh data penghitungan jumlah koloni.

Pengenceran	Jumlah Koloni Cawan P	Jumlah Koloni Cawan Q	Jumlah Koloni Rata-Rata
$10^{-2}$	= $100 \times 4 = 400$	= $150 \times 4 = 600$	$500 \times 10^{-2}$
$10^{-3}$	= $175 \times 4 = 700$	= $200 \times 4 = 800$	$750 \times 10^{-3}$

Diperoleh perhitungan metode ALT:

$$N = \frac{\left( (500) \times \frac{1}{10^{-2}} \right) + \left( (750) \times \frac{1}{10^{-3}} \right)}{2}$$

$$N = \frac{(500 \times 100) + (750 \times 1000)}{2}$$

$$N = \frac{(50.000) + (750.000)}{2}$$

$$N = 400.000$$

Jumlah koloni adalah 400.000 cfu/ml.



### Aktivitas 12.5

#### Praktik Pengujian Total Kapang

Bentuklah kelompok terdiri atas 3-4 peserta didik. Lakukan praktik pengujian total kapang. Terapkan semua prosedur mulai dari penyiapan media, sterilisasi, isolasi, dan inokulasi hingga menghitung jumlah bakteri/kapang. Selama kegiatan praktik kalian hendaknya menerapkan keselamatan kesehatan dan keamanan lingkungan hidup dalam menangani mikroorganisme. Presentasikan hasil pengamatan kalian dengan bentuk laporan tertulis, video, atau salindia.



### Rangkuman

1. Berbagai mikroba yang termasuk golongan mikrobiologi antara lain virus, bakteri, parasit, kapang, ragi, dan jamur.
2. Berbagai mikroba diterapkan dalam industri alkohol, kecap, tempe, MSG, *nata de coco*, yoghurt, keju, dan *wine*.
3. Media dapat berupa padatan dan cairan dengan bahan dasar dari kaldu atau agar yang tersusun oleh bahan-bahan yang mengandung tempat untuk tumbuhnya mikroba.
4. Sterilisasi adalah proses untuk membunuh bakteri atau kontaminan dalam alat atau media pertumbuhan bakteri menggunakan teknik pemanasan, pembakar bunsen, *autoclave*, dan sejenisnya.
5. Menghitung jumlah koloni dapat dilakukan dengan metode hitungan angka lempeng total (ALT) atau *Total Plate Count* (TPC) dengan tahapan menumbuhkan sel mikroba, terbentuk koloni-koloni yang dapat diamati secara langsung dan dapat dihitung secara langsung tanpa menggunakan mikroskop.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Sebutkan beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan bakteri!
2. Sterilisasi pada dasarnya merupakan proses menghilangkan kontaminan pengotor dan mikroba yang terdapat pada media, bahan, dan peralatan analisis mikrobiologi. Sebutkan alat-alat pada metode sterilisasi dengan pemanasan kering!
3. Kapang memiliki manfaat dan kerugian bagi manusia. Sebutkan minimal tiga nama kapang dan manfaatnya!



- Pembiakan bakteri diperlukan media pertumbuhan yang tepat. Media merupakan tempat tumbuhnya mikroba. Media tersusun oleh bahan-bahan yang mengandung cukup nutrisi untuk memenuhi kebutuhan tumbuhnya mikroba. Sebutkan dan jelaskan beberapa jenis media pertumbuhan!
- Perhatikan data percobaan perhitungan koloni berikut.

Pengenceran	Cawan X	Cawan Z
$10^{-2}$	150	170
$10^{-3}$	55	85

Dari tabel di atas, hitung banyaknya koloni!



### Pengayaan

Untuk menambah wawasanmu tentang praktek mikrobiologi, tonton dan pelajari video tentang inokulasi bakteri dengan cara klik link berikut: <https://www.youtube.com/watch?v=f1xzEEU-fFI>.



### Refleksi

No.	Pernyataan	Ya	Tidak
1.	Saya telah memahami pengertian mikrobiologi dan mikroorganisme.		
2.	Saya telah memahami klasifikasi dan jenis-jenis bakteri.		
3.	Saya telah memahami proses sterilisasi alat dan media pertumbuhan bakteri.		
4.	Saya telah memahami proses inokulasi pada media pertumbuhan bakteri.		
5.	Saya telah memahami proses penentuan jumlah bakteri atau kapang.		

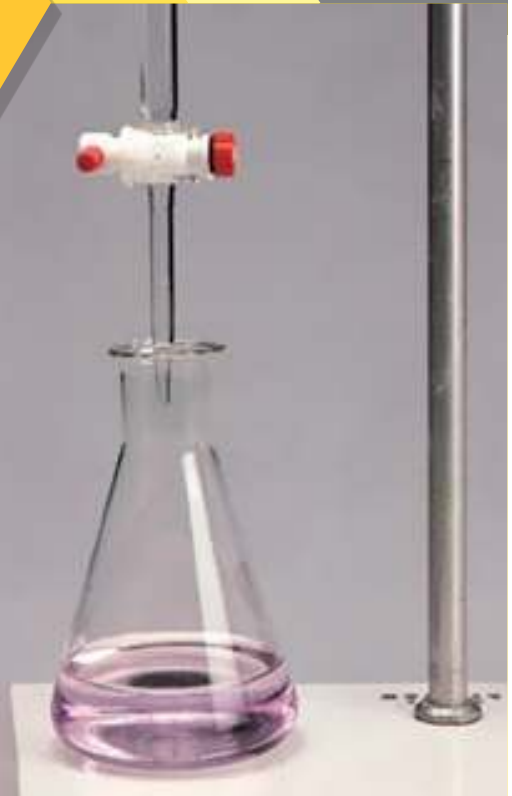
KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Kimia Industri  
untuk SMK/MAK Kelas X

Penulis: Fitriyani Yetti Handayani, Teguh Pangajuanto, Rizka Zulhijah.

ISBN: 978-623-194-557-0 (no.jil.lengkap)

978-623-194-558-7 (jil.1 PDF)



Sumber: Chang, (2005)

## Bab 13

# Analisis Dasar Laboratorium

Pernahkah kamu mengonsumsi cuka dapur? Berapa persen kadarnya?



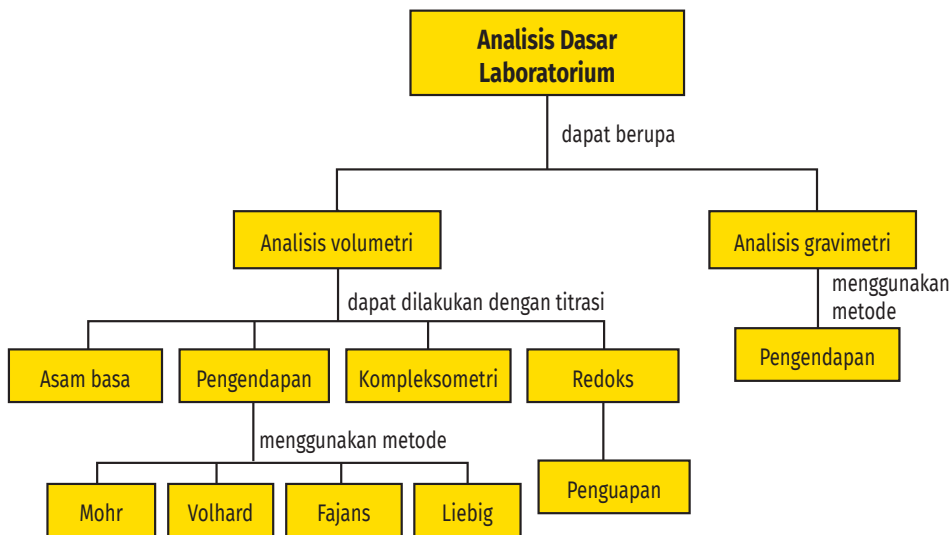
### Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan kamu mampu:

- menjelaskan perbedaan analisis volumetri dengan analisis gravimetri;
- menjelaskan perbedaan asidimetri dengan alkalimetri;
- menentukan kadar suatu zat dalam sampel berdasar data analisis volumetri;
- melakukan analisis volumetri dalam menentukan kadar zat dalam sampel;
- menjelaskan langkah-langkah analisis gravimetri dengan metode pengendapan;
- menghitung faktor gravimetri suatu unsur dalam endapan;
- menentukan kadar suatu zat dalam sampel berdasar data analisis gravimetri;
- menjelaskan macam-macam metode gravimetri;
- melakukan analisis gravimetri dalam menentukan kadar zat dalam sampel; serta
- menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja dalam melakukan analisis.



### Peta Konsep



### Kata Kunci

Analisis Volumetri, Analisis Gravimetri, Larutan Standar, Titrasi, Faktor Gravimetri, Asidimetri, Alkalimetri, Titik Ekuivalen

Masih ingatkah kamu materi larutan standar? Ketika kita menstandarisasi larutan, besaran apa yang diukur sebagai dasar perhitungan? Pada saat melakukan titrasi untuk penentuan konsentrasi suatu larutan data yang kita butuhkan adalah volume titran. Volume titran inilah yang digunakan sebagai dasar perhitungan konsentrasi larutan uji, sehingga tergolong analisis volumetri. Adapun analisis yang didasarkan pada pengukuran massa disebut analisis gravimetri.

Analisis dasar laboratorium dapat dilakukan dengan analisis volumetri dan analisis gravimetri. Pada analisis volumetri penentuan kadar atau konsentrasi didasarkan pada pengukuran volume, sedangkan analisis gravimetri penentuan kadar didasarkan pada pengukuran massa.



Gambar 13.1 Cuka Dapur

Sumber: Anggana Catur/duabelibis.co.id (2018)

## A. Analisis Volumetri

Analisis volumetri atau titrimetri merupakan salah satu metode analisis kuantitatif konvensional yang tetap diperlukan dalam pekerjaan laboratorium kimia. Analisis volumetri adalah suatu cara analisis jumlah berdasarkan pengukuran volume larutan yang diketahui kepekatan (konsentrasi) secara teliti direaksikan dengan larutan contoh (sampel) yang akan ditetapkan kadarnya. Pengukuran volume pada saat titrasi dilakukan dengan menggunakan buret tetes demi tetes sampai titik akhir titrasi. Secara umum titrasi didasarkan pada suatu reaksi yang digambarkan sebagai berikut.



A adalah larutan penitrasi (titran), B larutan yang dititrasi, a koefisien dari A dan b koefisien dari B. Dalam melakukan titrasi diperlukan beberapa persyaratan yang harus diperhatikan, sebagai berikut.

1. Reaksi harus berlangsung cepat dan secara stoikiometri.
2. Reaksi harus berlangsung tunggal (tidak ada reaksi samping).
3. Pada titik ekuivalen, reaksi harus dapat diketahui titik akhirnya dengan jelas.
4. Harus ada indikator yang sesuai baik langsung maupun tidak langsung.

Jika volume larutan standar sudah diketahui dari percobaan, konsentrasi senyawa di dalam larutan yang belum diketahui dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$N_b = \frac{V_a \cdot N_a}{V_b}$$

Keterangan:

$N_b$  = konsentrasi larutan yang belum diketahui konsentrasinya.

$V_b$  = volume larutan yang belum diketahui konsentrasinya.

$N_a$  = konsentrasi larutan yang telah diketahui konsentrasinya (larutan standar).

$V_a$  = volume larutan yang telah diketahui konsentrasinya (larutan standar).

Berdasarkan jenis reaksinya, maka titrasi dikelompokkan menjadi empat macam titrasi, yaitu titrasi asam basa (Asidimetri Alkalimetri), pengendapan, kompleksometri, dan oksidasi reduksi (redoks).

## 5. Titrasi Asidimetri Alkalimetri (Netralisasi)

Titrasi asidimetri alkalimetri adalah titrasi yang melibatkan reaksi asam basa. Perubahan terpenting yang mendasari penentuan titik akhir dan cara perhitungan titrasi asidimetri alkalimetri adalah pH titrat. Asidimetri dan alkalimetri pada prinsipnya sama, yang membedakan adalah sifat larutan sampel dan larutan standar yang digunakan.

### a. Asidimetri

Asidimetri adalah metode yang digunakan untuk menentukan kadar suatu zat yang bersifat basa dengan menggunakan larutan standar yang bersifat asam. Contoh: Standardisasi larutan NaOH dengan larutan standar primer  $H_2C_2O_4$ , Penentuan kadar  $Na_2CO_3$  dengan larutan standar HCl.

### b. Alkalimetri

Alkalimetri adalah metode yang digunakan untuk menentukan kadar suatu zat yang bersifat asam dengan menggunakan larutan standar yang bersifat basa. Penetapan titik akhir pada proses asidimetri dan alkalimetri digunakan indikator asam basa dengan trayek pH yang dekat dengan titik ekuivalen.

## 6. Titrasi Pengendapan (Presipitimetri)

Titrasi presipitimetri adalah titrasi dengan membentuk endapan yang sukar larut. Titrasi presipitimetri yang menggunakan larutan ion perak sebagai pengendap disebut metode argentometri. Contoh: Penentuan kadar klorida dengan diendapkan sebagai perak klorida menurut reaksi:  $Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl_{(s)}$ .

Metode argentometri dapat dilakukan dengan metode Mohr, Volhard, Fajans, dan Liebig.

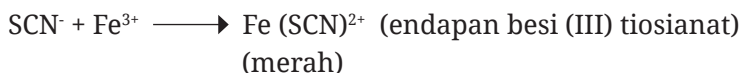
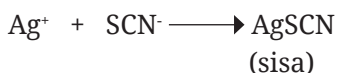
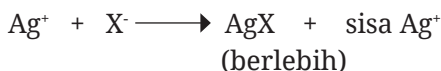
### a. Metode Mohr

Pada metode Mohr larutan sampel yang mengandung ion  $\text{Cl}^-$  direaksikan dengan  $\text{Ag}^+$  dari larutan  $\text{AgNO}_3$  berlebih. Titik ekuivalen diamati dengan penambahan indikator larutan  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  2% yang akan membentuk endapan merah,  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  karena kelebihan larutan  $\text{AgNO}_3$  menurut reaksi:



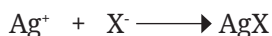
### b. Metode Volhard

Pada metode Volhard, sejumlah volume larutan standar  $\text{AgNO}_3$  ditambahkan secara berlebih ke dalam larutan yang mengandung ion halida ( $\text{X}^-$ ). Sisa larutan standar  $\text{AgNO}_3$  yang tidak bereaksi dengan  $\text{Cl}^-$  dititrasi dengan larutan standar tiosianat ( $\text{KSCN}$  atau  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) menggunakan indikator besi (III) ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Reaksinya sebagai berikut.



### c. Metode Fajans

Pada metode ini digunakan indikator absorpsi, sebagai kenyataan bahwa pada titik ekuivalen indikator terabsorpsi oleh endapan. Indikator ini tidak memberikan perubahan warna pada larutan, tetapi pada permukaan endapan. Endapan harus dijaga sedapat mungkin dalam bentuk koloid. Pada titrasi Argentometri dengan metode Fajans ada dua tahap untuk menerangkan titik akhir titrasi dengan indikator absorpsi (*fluorescein*). Selama titrasi berlangsung (sebelum TE) ion halida ( $\text{X}^-$ ) dalam keadaan berlebih dan diabsorpsi pada permukaan endapan  $\text{AgX}$  sebagai permukaan primer.



Ion indikator ( $\text{Ind}^-$ ) yang bermuatan negatif akan diabsorpsi oleh  $\text{Ag}^+$  (atau oleh permukaan absorpsi) menghasilkan warna merah muda. Jadi titik akhir titrasi tercapai bila warna merah telah terbentuk.

### d. Metode Liebig

Pada metode Liebig titik akhir titrasinya tidak ditunjukkan dengan indikator, tetapi dengan terjadinya kekeruhan. Larutan perak nitrat yang ditambahkan ke dalam larutan alkali sianida akan membentuk endapan putih, tetapi pada

*penggojokan* larut kembali karena terbentuk kompleks sianida yang stabil. Pada penambahan larutan perak nitrat lebih lanjut akan menghasilkan endapan perak sianida. Titik akhir ditunjukkan oleh terjadinya kekeruhan yang tetap. Kesulitan memperoleh titik akhir yang jelas disebabkan oleh lambatnya endapan melarut pada saat mendekati titik akhir.



### Aktivitas 13.1

## Menentukan Kadar Asam Asetat dalam Cuka Perdagangan

### Tujuan:

Menentukan kadar asam asetat dalam cuka perdagangan dengan cara menstandarisasi larutan cuka dengan larutan standar NaOH.

### Alat dan Bahan:

- Pipet volume 5 ml, 10 ml
- Erlenmeyer
- Labu ukur 100 ml
- Buret
- Satif dan klem

### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, masker, kacamata pelindung (*goggle*), dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

### Langkah Kerja:

1. Ambil 5 ml cuka makan dengan pipet volume, tuangkan ke dalam labu ukur 100 ml dan encerkan dengan aquades sampai tanda batas.
2. Ambil 10 ml dengan pipet volume, tuangkan ke dalam erlenmeyer tambahkan 2–3 tetes indikator fenolftalin (pp).
3. Titrasi dengan larutan NaOH yang telah distandardisasi dengan asam oksalat sampai titik akhir titrasi (terjadi perubahan warna).
4. Percobaan diulang 3 kali.
5. Hitung kadar (%) asam asetat dalam cuka perdagangan dengan persamaan:

$$\text{Kadar cuka} = \frac{\text{massa CH}_3\text{COOH}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$$

$$\text{Massa sampel} = \text{volume} \times \text{massa jenis}$$

## B. Analisis Gravimetri

Gravimetri adalah metode analisis kuantitatif unsur atau senyawa berdasarkan pengukuran massa baik sampel dan hasil reaksi maupun endapan yang terbentuk. Analisis gravimetri memerlukan waktu relatif lama dan hanya dapat digunakan untuk kadar komponen cukup besar. Waktu yang relatif lama adalah waktu total yang jauh lebih besar dari waktu kerja. Waktu yang lama adalah untuk menunggu proses, misalnya penyaringan, pemanasan/penguapan, pendinginan, dan penimbangan yang pada suatu metode harus dilakukan beberapa kali. Analisis gravimetri dapat dilakukan dengan beberapa metode yang disesuaikan dengan sampel dan analit yang akan dianalisis, yaitu metode penguapan, pengendapan, dan elektrolisis.

### 1. Metode Penguapan

Metode penguapan dalam analisis gravimetri digunakan untuk menetapkan komponen-komponen dari suatu senyawa yang relatif mudah menguap, misalnya penentuan kadar air dalam suatu bahan. Metode ini dapat dilakukan dengan cara memanaskan dalam gas tertentu atau dengan menambahkan pereaksi tertentu agar komponen yang tidak diinginkan mudah menguap atau komponen yang diinginkan tidak mudah menguap. Beberapa hal yang harus diperhatikan pada penentuan kadar air sebagai berikut.

- Sampel padat harus dihaluskan terlebih dahulu sebelum dikeringkan.
- Sampel padat yang sudah dihaluskan dimasukkan ke botol timbang dengan merata dan dibiarkan terbuka selama pemanasan dan ditutup setelah pemanasan sampai selesai ditimbang.
- Menimbang sampel harus pada kondisi suhu kamar dengan mendinginkan sampel panas dalam desikator.

Bahan dengan kadar air tinggi dan mengandung senyawa yang mudah menguap (seperti susu dan sayuran) penentuan kadar airnya dengan cara destilasi, yaitu dengan pelarut tertentu, misalnya toluen, xilol, dan heptana yang berat jenisnya rendah. Air dan pelarut akan menguap selanjutnya menjadi distilat.



#### Aktivitas 13.2

### Menentukan rumus kristal/kadar air

**Tujuan:** Menentukan jumlah air kristal, kadar air, dan rumus kristal

**Alat dan Bahan:**

- Neraca
- Tangkrus
- Desikator
- Crusibel
- Oven
- $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$



### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum, sarung tangan. Bekerjalah hati-hati. Ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah.

### Langkah Kerja:

1. Timbanglah 5 gram  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  dalam crusibel.
2. Panaskan crusibel beserta isinya selama 20 menit.
3. Dinginkan crusibel beserta isinya dalam desikator.
4. Timbang crusibel beserta isinya pada suhu kamar, catat massanya.
5. Ulangi langkah 2) sampai 4) hingga diperoleh berat konstan.
6. Catat data pengamatan, hitung kadar air, jumlah air kristal, dan tentukan rumus kristal.

## 2. Metode Pengendapan

Secara umum metode pengendapan dilakukan dengan menimbang sampel secara kuantitatif kemudian melarutkan dalam pelarut tertentu serta diendapkan dengan reagen tertentu. Endapan yang dihasilkan harus memiliki kelarutan sangat kecil sehingga dapat mengendap sempurna dan dapat dianalisis dengan cara menimbang.

### a. Langkah-Langkah Analisis Gravimetri dengan Metode Pengendapan

Untuk melakukan analisis gravimetri dengan cara pengendapan perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

- 1) Menimbang sampel atau cuplikan dengan teliti dan dilarutkan dalam pelarut yang sesuai.
- 2) Menambahkan pereaksi pengendap agar terjadi endapan.  
Penambahan pereaksi pengendap dilakukan secara berlebih agar semua unsur/senyawa diendapkan oleh pereaksi. Pengendapan dilakukan pada suhu tertentu dan pH tertentu yang merupakan kondisi optimum reaksi pengendapan. Tahap ini merupakan tahap paling penting.

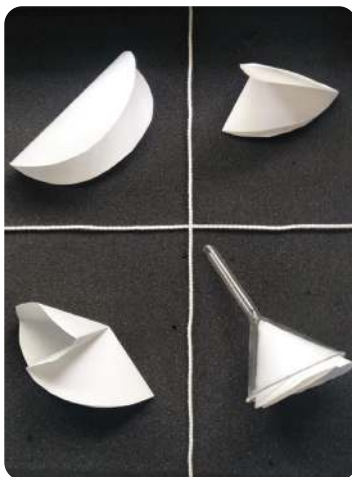


Gambar 13.2 Reaksi Pengendapan

Sumber: Alex Trisno/oscartigasembilan03.blogspot.com (2012)

3) Memisahkan endapan yang terbentuk

Pemisahan endapan yang terbentuk dilakukan dengan penyaringan. Penyaringan dilakukan untuk mendapatkan endapan bebas (terpisah) dari larutan (cairan induk). Untuk memisahkan endapan dari larutan induk dan cairan pencuci, endapan dapat di-sentrifuge atau disaring. Endapan yang disaring perlu dicuci untuk menghilangkan larutan induk yang menguap dan zat-zat pengotor yang mudah larut.



Gambar 13.3 Cara Melipat Kertas Saring

Sumber: Teguh Pangajuanto (2023)

4) Memurnikan atau membersihkan endapan dengan cara menyiram endapan menggunakan larutan pencuci di dalam penyaring dengan larutan tertentu.



Gambar 13.4 Menyaring Endapan

Sumber: Teguh Pangajuanto (2023)

5) Mengeringkan endapan

Endapan yang telah disaring dan dicuci kemudian dikeringkan, dan dipijarkan sampai massanya konstan. Pengeringan endapan dilakukan untuk menghilangkan air dan zat yang mudah menguap, sedangkan pemijaran dilakukan untuk mengubah endapan itu ke dalam suatu senyawa kimia yang rumusnya diketahui dengan pasti.



Gambar 13.5 Mencuci Endapan

Sumber: Teguh Pangajuanto (2023)

- 6) Menimbang endapan sesudah dikeringkan.  
7) Menghitung kadar unsur atau senyawa dengan rumus:

Kadar Unsur atau Senyawa (%)

$$= \frac{\text{Massa endapan} \times \text{faktor gravimetri}}{\text{Massa sampel}} \times 100\%$$

Faktor gravimetri dirumuskan sebagai berikut.

$$\text{Faktor Gravimetri} = \frac{\text{Ar unsur atau Mr senyawa yang ditentukan}}{\text{Mr endapan yang ditimbang}}$$

**b. Penerapan Metode Pengendapan**

Metode pengendapan dalam analisis gravimetri sering digunakan untuk menentukan kadar klorida, sulfat, magnesium, kalsium aluminium, dan lain-lain.

### 1) Penentuan Klorida

Untuk menentukan kadar klorida maka ion klorida dalam larutan diendapkan dari larutan sebagai perak klorida (AgCl) menggunakan larutan pengendap larutan AgNO<sub>3</sub> menurut reaksi:



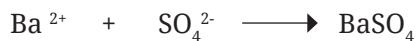
Endapan AgCl yang terbentuk mula-mula berbentuk koloid kemudian akan menggumpal membentuk agregat. Endapan yang terbentuk tersebut dicuci dan disaring. Sebagai pencuci digunakan larutan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) encer.

Selanjutnya endapan AgCl disaring melalui *sintered-glass crucible*, bukan dengan kertas saring karena AgCl mudah tereduksi menjadi Ag bebas oleh karbon dalam kertas saring selama pembakaran kertas saring. Kemudian endapan dikeringkan dalam oven, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Kadar klorida dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar Cl (\%)} = \frac{\text{Massa endapan AgCl} \times \text{Ar Cl} / \text{Mr AgCl}}{\text{Massa sampel}} \times 100\%$$

### 2) Penentuan Sulfat

Kadar sulfat dalam sampel dapat ditentukan dengan cara mengendapkannya dengan larutan pengendap barium klorida (BaCl<sub>2</sub>) untuk membentuk endapan barium sulfat (BaSO<sub>4</sub>). Partikel endapan BaSO<sub>4</sub> terlalu kecil untuk disaring sehingga perlu di-*digest* untuk membentuk kristal yang lebih besar. Proses ini menghasilkan kristal yang sulit larut dengan reaksi berikut.



$$\text{Kadar SO}_4(\%) = \frac{\text{Massa endapan BaSO}_4 \times \text{Mr SO}_4 / \text{Mr BaSO}_4}{\text{Massa sampel}} \times 100\%$$



#### Aktivitas 13.3

### Menentukan Kadar Klorida dalam Sampel Garam Dapur

**Tujuan:** Menetapkan kadar klorida dalam sampel garam dapur dengan metode pengendapan.

**Alat dan Bahan:**

Oven, Crusibel, Gelas beker, Batang pengaduk, Pipet tetes, Kaca arloji, Kertas saring bebas abu, Burner, Tanur, NaCl larutan AgNO<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub> pekat, Aquades.

### Keselamatan Kerja:



Gunakan alat pelindung diri (APD) seperti jas praktikum dan sarung tangan. Bekerjalah hati-hati dan ikuti petunjuk guru karena alat-alat yang digunakan mudah pecah,

### Langkah kerja:

Berdasar materi langkah-langkah analisis gravimetri dengan metode pengendapan di atas, buatlah langkah kerja kemudian lakukan pada percobaan ini!

## 3. Metode Elektrolisis

Masih ingatkah kamu pada materi elektrolisis di bab yang lalu? Metode elektrolisis dilakukan dengan cara mereduksi ion-ion logam terlarut menjadi endapan logam. Endapan yang terbentuk di katoda selanjutnya dapat ditimbang massanya. Dengan membandingkan massa endapan logam dengan massa sampel dapat dihitung kadar logam dalam sampel.



### Rangkuman

1. Analisis volumetri adalah analisis yang didasarkan pada pengukuran volume larutan.
2. Analisis gravimetri adalah analisis yang didasarkan pada pengukuran massa.
3. Analisis volumetri juga disebut titrimetri, yaitu analisis dengan cara titrasi.
4. Analisis volumetri dapat dilakukan dengan titrasi asam basa, titrasi pengendapan, titrasi kompleksometri, dan titrasi reaksi redoks.
5. Analisis volumetri dengan titrasi pengendapan dapat dilakukan dengan metode Mohr, Volhard, Fajans, dan Liebig.
6. Analisis gravimetri dapat dilakukan dengan metode penguapan, pengendapan, dan elektrolisis.
7. Faktor gravimetri adalah perbandingan  $A_r$  unsur atau  $M_r$  senyawa yang ditentukan dengan  $M_r$  endapan yang ditimbang.



### Uji Kompetensi

#### Kerjakan soal-soal berikut!

1. Bagaimanakah langkah kerja menentukan kadar cuka perdagangan dengan metode alkalimetri? Tuliskan persamaan reaksinya!
2. Sebanyak 10 ml asam cuka dengan merek tertentu diencerkan dengan aquades sampai volumenya 200 ml. Dari larutan encer ini diambil 20 ml

kemudian dititrasi dengan larutan baku sekunder NaOH 0,1 N menggunakan indikator PP. Bila data hasil titrasi sebagai berikut.

No.	VCH <sub>3</sub> COOH	VNaOH 0,1M
1.	20 ml	41 ml
2.	20 ml	43 ml
3.	20 ml	42 ml

Tentukan berapa persen kadar cuka perdagangan tersebut bila massa jenis cuka 1,05 g/ml!

3. Sebanyak 100 gram sampel air yang mengandung klorida dianalisis dengan metode pengendapan menggunakan pengendap larutan AgNO<sub>3</sub> dan indikator larutan K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 5%, 10 ml sampel dititrasi dengan larutan AgNO<sub>3</sub> 0,1050 M. Bila endapan merah mulai terbentuk setelah penambahan 10,5 ml larutan AgNO<sub>3</sub> 0,1050 M. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi dan berapa persen kadar klorida dalam air tersebut?
4. Bagaimanakah tahap-tahap dalam analisis gravimetri dengan metode pengendapan secara umum?
5. Sebanyak 1,5 gram sampel garam dapur dilarutkan dalam aquades kemudian ditambahkan larutan AgNO<sub>3</sub> berlebih untuk mengendapkan seluruh ion kloridanya menjadi endapan AgCl. Bila endapan yang dihasilkan disaring, dicuci dan dikeringkan diperoleh massa endapan 2,87 gram tentukan:
  - a. Kadar Cl<sup>-</sup>
  - b. Kadar NaCl dalam sampel



### Pengayaan

Sampel infus ditentukan kadar kloridanya secara argentometri menggunakan metoda Mohr. Pada pembakuan, ditimbang NaCl 600,0 mg, dilarutkan dalam air suling sampai 100,0 mL, dipipet sebanyak 10,0 ml dan dititrasi dengan larutan AgNO<sub>3</sub>, indikator K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. Titran yang diperlukan adalah 11,50 ml. Pada penentuan kadar sampel, dipipet 10,0 mL larutan infus, dimasukkan ke erlenmeyer 250 ml ditambah indikator K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, dititrasi dengan larutan AgNO<sub>3</sub> sampai terbentuk endapan berwarna merah bata.

Apabila titran yang diperlukan adalah 10,80 ml, berapa persen (b/v) kadar klorida dalam sampel infus? (BM NaCl 58,55, BA Cl 35,5). Apabila menurut persyaratan Farmakope kadar NaCl dalam larutan infus adalah 0,9%, tidak

kurang dari 95% dan tidak lebih dari 105%, apakah kadar NaCl dalam larutan infus tersebut memenuhi persyaratan Farmakope?



### Refleksi

1. Ceritakan keterkaitan materi yang telah kamu pelajari dengan penerapan di bidang kimia industri.
2. Adakah ide, materi atau pendapat dari gurumu yang berbeda dengan sumber lain yang telah kamu pelajari?
3. Ceritakan konsep-konsep utama yang kamu pelajari dan menurutmu penting untuk terus dipelajari sebagai dasar mempelajari Konsentrasi Keahlian Teknik Kimia Industri.
4. Ceritakan sebuah perubahan dalam dirimu yang ingin kamu lakukan setelah memperoleh materi pada bab ini.

# Glosarium

<b><i>additive manufacturing (printer 3D)</i></b>	: proses <i>manufacturing</i> dengan prinsip penambahan material atau mengubah gambar digital untuk dicetak menjadi wujud benda nyatanya dalam bentuk tiga dimensi (3D)
<b>adsorpsi</b>	: proses terikatnya zat (padat, cair, atau gas) pada permukaan suatu padatan atau cairan (adsorben) sehingga membentuk lapisan tipis
<b>alat pemadam api ringan (APAR)</b>	: alat pemadam api <i>portable</i> yang mudah dibawa, cepat, dan tepat di dalam penggunaan untuk awal kebakaran
<b>alkana</b>	: hidrokarbon jenuh dengan rumus umum $C_nH_{2n+2}$
<b>autokatalis</b>	: zat hasil reaksi yang bertindak sebagai katalis
<b>asam</b>	: zat yang dalam air dapat melepaskan ion $H^+$ (teori Arrhenius)
<b>asam kuat</b>	: senyawa asam yang dalam larutannya terion seluruhnya menjadi ion-ionnya
<b>asam lemah</b>	: senyawa asam yang dalam larutannya hanya sedikit terionisasi menjadi ion-ionnya
<b>bakteri</b>	: organisme berukuran kecil yang tidak memiliki membran inti sel
<b><i>big data</i></b>	: teknologi penyimpanan data dalam jumlah volume yang besar
<b><i>biochemical oxygen demand (BOD)</i></b>	: banyaknya oksigen (mg) yang diperlukan bakteri untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan organik dalam satu liter air limbah selama pengerasan $5 \times 24$ jam
<b><i>brainware</i></b>	: orang atau manusia yang mengoperasikan, menjalankan, dan menggunakan sistem perangkat komputer



<b><i>break even point</i></b>	: titik kesetimbangan yang menunjukkan pendapatan industri/perusahaan bernilai sama dengan modal yang telah dikeluarkan sehingga tidak mengalami kerugian atau keuntungan
<b><i>chemical oxygen demand (COD)</i></b>	: banyaknya oksigen (mg) yang dibutuhkan oleh <i>chemical</i> untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam satu liter air limbah
<b><i>cloud computing</i></b>	: teknologi internet yang digunakan sebagai pusat pengelolaan data dan aplikasi
<b>derajat disosiasi</b>	perbandingan antara jumlah mol yang terurai dengan jumlah mol mula-mula
<b>digitalisasi industri</b>	: pemanfaatan teknologi digital dalam proses industri
<b>dolomit</b>	: konstituen dasar dari batuan sedimen karbonat yang terbentuk sebagai hasil leaching atau resapan magnesium dari air laut ke dalam batu gamping
<b>ekstraksi</b>	: proses pemisahan suatu zat dalam komponen-komponen berdasarkan perbedaan kelarutannya menggunakan zat pelarut atau solven sebagai pemisah
<b>emisi</b>	: pemancaran cahaya, panas, atau elektron dari suatu permukaan benda padat atau cair
<b>essens</b>	: aroma buah-buahan dari senyawa ester yang aromanya bermacam-macam tergantung ester penyusunnya
<b>etilen glikol</b>	: senyawa alkohol yang mempunyai dua gugus -OH
<b>fermentor</b>	: alat yang dapat diatur agar memiliki kondisi yang baik untuk proses biokimia atau fermentasi pada bahan baku
<b>filtrasi</b>	: mengalirkan cairan atau gas melalui saringan yang memiliki pori-pori berukuran sangat kecil sehingga mikroba akan tersaring
<b><i>flammable</i></b>	: sifat mudah terbakar dari suatu bahan kimia
<b>gaya sentrifugal</b>	: gaya yang terjadi saat benda melakukan gerak berputar menjauhi pusatnya

<b><i>grinding</i></b>	: proses pengecilan ukuran melalui gesekan antarmaterial
<b>gugus fungsi</b>	: atom atau gugus atom yang menjadi ciri khas suatu deret homolog
<b>gliserol</b>	: senyawa alkohol yang mempunyai tiga gugus -OH
<b>higroskopis</b>	: kemampuan yang dimiliki oleh suatu zat untuk menyerap air dari lingkungannya
<b>haloalkana</b>	: senyawa turunan alkana yang mana satu atau lebih atom H diganti dengan atom halogen
<b>hidrokarbon</b>	: senyawa karbon yang tersusun atas hidrogen dan karbon
<b>isolasi</b>	: proses melakukan pengembangbiakan mikroba jenis tertentu sesuai percobaan mikrobiologi yang dilakukan
<b>konsentrasi</b>	: sebuah ukuran untuk menunjukkan kadar atau banyaknya zat yang terlarut dalam larutan
<b>laju reaksi</b>	: laju berkurangnya jumlah molaritas reaktan atau laju bertambahnya jumlah molaritas produk per satuan waktu
<b>media pertumbuhan</b>	: tempat pertumbuhan mikroba yang memiliki substrat bernutrisi untuk menumbuhkan bakteri menjadi padat dan tetap transparan pada suhu inkubasinya
<b>meniskus</b>	: peristiwa melengkungnya permukaan zat cair yang disebabkan oleh proses adhesi dan kohesi
<b>mikroba</b>	: jasad renik yang hidup, namun memiliki ukuran sangat kecil
<b>mikrobiologi</b>	: cabang ilmu biologi yang mempelajari makhluk hidup sangat kecil dan hanya dapat dilihat menggunakan alat pembesar
<b>molaritas</b>	jumlah mol zat yang terlarut dalam satu liter larutan
<b>olefin</b>	: senyawa hidrokarbon tak jenuh yang memiliki satu atau lebih ikatan rangkap atom karbon
<b>organik</b>	: zat yang berasal dari makhluk hidup

<b>osmosis</b>	peristiwa perpindahan pelarut dari larutan yang konsentrasinya lebih kecil (encer) ke larutan yang konsentrasinya lebih besar (pekat) melalui membran semipermeabel
<b>preparat</b>	: gelas objek yang berisi sampel untuk diteliti atau diamati menggunakan mikroskop
<b>R/S phrases</b>	: menunjukkan ciri-ciri risiko khusus pada bahan-bahan dan preparat berbahaya serta tindakan keselamatan yang harus dilakukan dalam penanganan bahan
<b>reaksi substitusi</b>	: reaksi penggantian satu atom atau gugus atom dalam suatu molekul oleh sebuah atom lain
<b>reaksi adisi</b>	: reaksi perubahan ikatan rangkap suatu molekul (alkena atau alkuna) menjadi ikatan tunggal
<b>reaksi reduksi</b>	: reaksi penangkapan elektron atau reaksi terjadinya penurunan bilangan oksidasi
<b>reaksi oksidasi</b>	: reaksi pelepasan elektron atau reaksi terjadinya kenaikan bilangan oksidasi
<b>sizing</b>	: pemisahan campuran heterogen menjadi fraksi-fraksi yang ukurannya lebih seragam
<b>stir bar</b>	: pengaduk larutan campuran yang digerakkan oleh magnet berputar
<b>tekanan osmotik</b>	: besarnya tekanan yang harus diberikan pada suatu larutan untuk mencegah mengalirnya molekul-molekul pelarut ke dalam larutan melalui membran semipermeabel
<b>titik didih</b>	: suhu pada saat tekanan uap jenuh zat cair tersebut sama dengan tekanan luar
<b>titrasi</b>	: penentuan kadar suatu zat atau lebih dalam campuran atau larutan dengan menambahkan bahan penguji yang dapat bereaksi dengan zat tersebut
<b>valensi asam</b>	: jumlah ion H <sup>+</sup> yang dapat dihasilkan oleh satu molekul asam dalam reaksi ionisasi
<b>virus</b>	: parasit berukuran mikro yang menginfeksi sel-sel dalam organisme biologis

# Daftar Pustaka

- Adem Kayar, Fatih Öztürk. 2020. "Smart Reactor Production Monitoring System-an Industry 4.0 Application in the Chemical Industry." *Journal of Industrial Policy and Technology Management* 157-173.
- B. Dorneanu, H. Arellano-Garcia, M. Heshmat, Y. Gao. 2021. "A Framework for Intelligent Monitoring and Control of Chemical Processes with Multi-Agent Systems." In *Industri 4.0-Shaping The Future of The Digital World*, by da Silva Bartolo et al, 18-23. London: Taylor & Francis Group.
- B. Dorneau, H. Arellano-Garcia, H. Ruan, A. Muhamed, P. Xiao, M. Heshmat, Y. Gao. 2021. "Toward Fault Detection and Self-Healing of Chemical Processes Over Wireless Sensor Network." In *Industry 4.0-Shaping The Future of The Digital World*, by Fernando Mereira da Silva, Shaden Jaradat, Helena bartolo Paulo Bartolo, 9-14. London: Taylor & Francis Group.
- Black, J.G. 2012. *Microbiology: Principles and Explorations*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Brady, James E. and Fred Senese. 2006. *Chemistry: Matter and Its Changes*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Brown, L.S. and Holme, T.A. 2006. *Chemistry for Engineering Students*. Canada: Thomson Books.
- Chang, Raymond. 2002. *Chemistry*. New York: McGraw-Hill.
- Copra, S. and Meindl, P. 2007. *Supply Chain Management*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Cusller, E.L. and Moggridge, G.D. 2011. *Chemical Product Design*. New York: Cambridge University Press.
- Daryanto. 2012 . *Pendidikan Kewirausahaan*. Yogyakarta: Gava Media.
- Ervina. 2018. *Pengolahan Limbah Cair Pada Industri Dan Permasalahannya*. Maret 6. <http://bbkk.kemenperin.go.id/>.
- Fatoni, Indah. 2015. *Panduan Teknis Penggunaan Alat dan Bahan Praktikum Kimia*. Jakarta: Sunda Kelapa Pustaka.
- Fessenden, J.S. & Fessenden, R.J. 1994. *Kimia Organik* . Jakarta: Erlangga.
- Fonna, Nurdianita. 2019. *Pengembangan Revolusi 4.0 dalam Berbagai Bidang*. Bogor: Guepedia.

- Fullick, A. and Fullick, P. 2000. *Heinemann Advanced Science: Chemistry*. Spain: Heinemann Educational Publisher.
- Gozan, M. 2006. *Absorpsi, Leaching, dan Ekstraksi pada Industri Kimia*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Hanna Shevtsova, Nataliia Shvets, Maryna Kasatkina. 2020. "How Leading Global Chemical Companies Contribute to Industry 4.0." *2020 61st International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)*. Riga, Latvia: IEEE. 1-6.
- Hari, Bayu Sapta. 2019. *Pemanasan Global dan Perubahan Iklim*. Depok: Penerbit Duta.
- . 2019. *Pemanasan Global dan Perubahan Iklim*. Depok: Penerbit Duta.
- Hasrudin dan Pratiwi, N. 2015. *Mikrobiologi Industri*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Hasrudin, Rifnatul Husna. 2014. *Mini Riset Mikrobiologi Terapan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Herliani, An An. 2011. *Memahami dan Menerapkan Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium Kimia*. Cianjur: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian Cianjur.
- Hidayah, Malikhatul. 2015. *Sukses Wirausaha dengan Produk Kimia Berteknologi*. Tangerang: Ihsan Media Sejahtera.
- Hill, J.W. and Petrucci, R.H. 2002. *General Chemistry*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Idriwal Mayusda, Iwan Inrawan Wiratmaja. 2021. "The Development of Industry 4.0 Readiness Model. Case Study in Indonesia's Priority Industrial Sector of Chemical." *Springer* 140-146.
- Javier Garcia-Martinez, Kunhao Li. 2022. *Chemistry Entrepreneurship*. Jerman: Wiley-VCH.
- Koesmadi Wirjosoemarto, dkk. 2000. *Teknik Laboratorium*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- M.H. Abidi, H. Alkhalefah, Al.Al-Ahmari, E.S. Abouelnasr, A.M El-Tamimi. 2021. "Multimodal Virtual Reality Based Maintenance Training System for Industry 4.0." In *Industry 4.0-Shaping The Future of The Digital World*, by Fernando Moreira da Silva, Shaden Jaradat, Helena Bartolo Paulo Bartolo, 210-215. London: Taylor & Francis Group.

- Madigan, M.T. et al. 2015. *Brock Biology of Microorganisms*. New York: Pearson Education, Inc.
- McMurry, John and Fay, Robert C. 2004. *Chemistry*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Menteri Perindustrian Republik Indonesia. 1986. *Surat Keputusan Menteri Perindustrian Nomor 19/SK/1986*. Jakarta: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Ngakan Timur Antara, Bambang Riznanto, Rizalul Kalam, DIMas Muhamad, Hari Wisnu Murti. 2019. *Making Indonesi 4.0-Transformasi Industri Manufaktur Nasional ke Industri 4.0*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Nnaji, Uche. 2019. *Introduction to Chemical Engineering for Chemical Engineer and Student*. USA: John Wiley&Son.
- Nurdiani, Dian. 2011. *Membaca Skala Ukur Instrumen Lokal*. Cianjur: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian Cianjur.
- Petrucci, R.H., Harwood, W.S. and Herring, G.F. 2002. *General Chemistry, Principles and Modern Applications*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Pollack, R. et al. 2016. *Praktik Laboratorium Mikrobiologi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Pusat Data dan Analisa Tempo. 2019. *Industri: Melihat Kesiapan Indonesai Memasuki Industri 4.0*. Jakarta: TEMPO Publishing.
- Pusat Komunikasi Publik. 2015. *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional 2015-2035*. Jakarta: Kementerian Perindustrian.
- Redaksi, Tim. 2021. *Sektor Industri Kimia, Farmasi, dan Tekstil Siap Terapkan Industri 4.0*. April 6. Accessed Oktober 20, 2022. <https://kemenperin.go.id/artikel/22442/Sektor-Industri-Kimia,-Farmasi,-dan-Tekstil-Siap-Terapkan-Industri-4.0>.
- Rusman, Ratu Fazlia Inda Rahmayani, Mukhlis. 2018. *Buku Ajar Kimia Larutan*. Aceh: Syiah Kuala University Pers.
- S. Raharno, G. Cooper. 2021. "Jumping to Industry 4.0 Through Process Design and Managing Information for Smart Manufacturing: Configurable Virtual Workstation." In *Industry 4.0-Shaping The Future of The Digital World*, by Fernando Moreira da Silva, Shaden Jaradat, Helena Bartolo Paulo Bartolo, 47-51. London: Taylor & Francis Group.
- Sahirman. 2007. *Pengoperasian Alat Gelas*. Cianjur: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Pertanian Cianjur.

- Salami, I.R.S. dkk. 2021. *Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sani, Ridwan Abdullah. 2018. *Pengelolaan Laboratorium IPA Sekolah*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Solichin, Moch. 2012. *Pengelolaan Air Limbah: TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH*. Malang.
- Sudip Misra, Chandana Roy and Anandarup Mukherjee. 2021. *Introduction to Industrial Internet of Things and Industry 4.0*. Oxon: CRC Press.
- Suharman Hadi, Hari Wisnu Murti. 2019. "kajian Industri 4.0 untuk Penerapannya di Indonesia." *Jurnal Manajemen Industri dan Logistik* 1-93.
- Sunarya, Y. 2010. *Kimia Dasar I: Berdasarkan Prinsip-prinsip Terkini*. Bandung: Yrama Widya.
- Treybal, R.E. 1981. *Mass Transfer Operations*. Tokyo: McGraw-Hill International Book Co.
- Xiaochi Zhou, Markus Kraft. 2021. "Blockchain Technology in The Chemical Industry." *Cambridge Center for Computational Chemical Engineering*.
- Yusminar. 2017. *Mikrobiologi dan Parasitologi*. Jakarta: Badan Pengembangan dan Pemberdayaan SDM, Pusat Pendidikan SDM, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

## Daftar Kredit Gambar

- Gambar 1.1** diunduh dari <https://pixnio.com/id/media/kosmetik-lotion-parfum-sabun-kesehatan> pada 20 November 2022.
- Gambar 1.5** diunduh dari <https://ocd.lcwu.edu.pk/cfiles/Zoology/Z-Mol.%20Bio-705/bioreactors.pdf> pada 1 Oktober 2022.
- Gambar 1.6** diunduh dari [https://id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:Colonne\\_distillazione.jpg](https://id.m.wikipedia.org/wiki/Berkas:Colonne_distillazione.jpg) pada 1 Oktober 2022.
- Gambar 1.8** diunduh dari <https://www.dreamstime.com/soxhlet-extractor-percolator-boiler-reflux-distillation-flask-heating-element-organic-chemistry-class-pharmacy-extraction-image134886063>, pada 22 Maret 2023
- Gambar 1. 10** diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Filter\\_press\\_GHT2500\\_at\\_angle\\_%286322213577%29.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Filter_press_GHT2500_at_angle_%286322213577%29.jpg), pada 22 Maret 2023



**Gambar 1.12** diunduh dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary\\_dryer](https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_dryer), pada 22 Maret 2023

**Gambar 1.13** diunduh dari <https://pxhere.com/id/photo/437223> pada 1 Oktober 2022.

**Gambar 2.1 (kiri)** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADmftxtsoQ-ancient-old-red-scale-at-traditional-market/> pada 19 September 2022

**Gambar 2.1 (kanan)** diunduh dari <https://i0.hippopx.com/photos/838/635/718/balance-weight-load-weighing-machine-05ff53c0e8a91712e54fbf1eece0f8ce.jpg> pada 25 September 2022.

**Gambar 2.3** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAET0vV8TC8-industrial-technology-concept-communication-network-industry-4-0-factory-automation-/> pada 18 September 2022.

**Gambar 2.4** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEESnhcCV0-kitchen-waste-recycling/> pada 18 September 2022.

**Gambar 2.5** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADCFz9fMus-global-warming/> pada 18 September 2022.

**Gambar 2.6** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEJe1on3a0-global-warming/> pada 18 September 2022.

**Gambar 3.2** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MACdbuzWdkU-worker-operating-cnc-machine-center/> pada 4 September 2022.

**Gambar 3.4** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADIBKxrU54-industrial-quality-control/> pada 4 September 2022.

**Gambar 3.5** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADTTqfdPoY-engineer-or-architectural-project-two-engineering-or-architect/> pada 4 September 2022.

**Gambar 3.6** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEYx4cLeoA-soap-making-process-/> pada 4 September 2022.

**Gambar 3.7** diunduh dari [https://www.canva.com/photos/MAD3C\\_H8jWU-hands-applying-hand-sanitizer-from-bottle-closeup/](https://www.canva.com/photos/MAD3C_H8jWU-hands-applying-hand-sanitizer-from-bottle-closeup/) pada 4 September 2022.

**Gambar 3.8** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADA0Myi-ng-coconut-milk-for-sale/> pada 4 September 2022.

**Gambar 3.9** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEFheu3Y5A-plastic-waste-in-the-sea/> pada 4 September 2022.



- Gambar 4.7** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADFjKfxAvI-alcohol-burner/> pada 11 Oktober 2022.
- Gambar 4.8** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bariumchloratepowder.jpg> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.10** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEE-rvoaMk-erlenmeyer-flasks/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.11** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stirring-rod.jpg> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.12** diunduh dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Separatory\\_funnel](https://en.wikipedia.org/wiki/Separatory_funnel) pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.14** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pyknometer-Justiert-Soll-25cm3.jpg> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.15** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADCDEIo694-set-of-weighing-bottles-of-different-capacity/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.16** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADFntwCss4-laboratory-equipment-test-tube-holder/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.17** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADFmMNlxeA-clamp-tube-holders-laboratory/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.19** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADFE0qoLLO-ceramic-laboratory-ware/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.20** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Propipette-et-pipette.jpg> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.22** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAELN0dXO3I-heated-magnetic-stirrer/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.23** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADPrjQmLN4-scientist-using-an-analytical-balance/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.24** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAELN0dXO3I-heated-magnetic-stirrer/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.25** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MADpqET2mXY-a-magnetic-stirrer-or-magnetic-mixer-is-a-laboratory-device-that-employs-a-rotating-magnetic-field-to-cause-a-stir-bar-immersed-in-a-liquid-to-spin-very-quickly-thus-stirring-it-/> pada 19 Oktober 2022.
- Gambar 4.26** diunduh dari [https://www.canva.com/photos/MAETrW\\_OGPs-heating-mantle-and-flask/](https://www.canva.com/photos/MAETrW_OGPs-heating-mantle-and-flask/) pada 19 Oktober 2022.

- Gambar 4.27** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEzPUAOXVY-microscope/> pada 31 Oktober 2022.
- Gambar 4.28** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAA8BSTKTnc-centrifuge-in-laboratory/> pada 18 Oktober 2022.
- Gambar 4.29** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEzPUAOXVY-microscope/> pada 18 Oktober 2022.
- Gambar 4.30** diunduh dari <https://www.canva.com/photos/MAEWdufzmZ4-smart-warehouse-management-system-using-augmented-reality-technology/> pada 18 Oktober 2022.
- Gambar 5.1** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/character-security-a-notice-symbol-696949/> pada 3 September 2022.
- Gambar 5.3** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/inflammable-flammable-fire-burn-98847/> pada 3 September 2022.
- Gambar 5.4** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/hazard-explosion-caution-explosive-39040/> pada 3 September 2022.
- Gambar 5.5** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/hazard-symbols-danger-dangerous-7149470/> pada 3 September 2022.
- Gambar 5.6** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/corrosive-acid-danger-warning-98841/> pada 3 September 2022.
- Gambar 5.7** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/oxidizer-oxidant-flame-fire-98842/> pada 6 September 2022.
- Gambar 5.8** diunduh dari <https://pixabay.com/vectors/irritant-danger-warning-orange-98843/> pada 6 September 2022.
- Gambar 5.9** diunduh dari <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5693376/pencemaran-air-pengertian-penyebab-dan-dampaknya-bagi-lingkungan/> pada 7 September 2022.
- Gambar 5.11** Wintoko, J. 2011. Air dan Pengolahannya. Yogyakarta: Jurusan Teknik Kimia FT-UGM.
- Gambar 5.12** diunduh dari <https://www.liputan6.com/citizen6/read/4702575/generasi-muda-perlu-berperan-dalam-tingkatkan-kesadaran-udara-bersih> pada 7 September 2022.
- Gambar 5.13** diunduh dari <https://www.kompas.com/skola/read/2021/01/28/200454769/penyebab-polusi-udara-di-kota-besar> pada 7 September 2022.

- Gambar 5.16** Cahyono, R.B. 2022. Fabric Filter. Yogyakarta: Department of Chemical Engineering Gadjah Mada University.
- Gambar 5.17** Prasetyo, A. 2014. Teknik Pengolahan Limbah. Yogyakarta: Departemen Teknik Kimia FT UGM.
- Gambar 6.2** diunduh dari [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Friedrich\\_W%C3%B6hler\\_Litho.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Friedrich_W%C3%B6hler_Litho.jpg) pada 7 September 2022.
- Gambar 6.3** Jendela Iptek: Kimia, 1997
- Gambar 6.6** *Heinemann Advanced Science: Chemistry*, 2000
- Gambar 6.8** *Chemistry (Chang)*, 2002
- Gambar 6.9** *Chemistry and Chemical Reactivity*, Kotz and Purcell 1978, CBS College Publishing New York
- Gambar 6.10** diunduh dari <https://www.dosenpendidikan.co.id/> pada 22 Februari 2023
- Gambar 6.11** *Chemistry: The Central Science*, 2000
- Gambar 6.12** *Chemistry (Ann and Patrick Fullick)*, 2000
- Gambar 6.13** *Chemistry (Ann and Patrick Fullick)*, 2000
- Gambar 6.14** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bananavarieties.jpg>, 2004. pada 14 April 2023.
- Gambar 7.1** diunduh dari <https://quickstart-indonesia.com/aktivitas-pelatihan-perkenalan-atasan-pemimpin-baru/perkenalan-atasan-pemimpin-baru/> pada 22 Februari 2023.
- Gambar 7.3** diunduh dari <https://www.britannica.com/biography/Antoine-Lavoisier/The-French-Revolution-and-Lavoisiers-execution> pada 23 Februari 2023
- Gambar 7.4** diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait\\_of\\_Louis\\_Proust.\\_Wellcome\\_L0006972.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_of_Louis_Proust._Wellcome_L0006972.jpg) pada 22 Februari 2023
- Gambar 7.5** diunduh dari <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/joseph-louis-gay-lussac> pada 22 Februari 2023
- Gambar 7.6** diunduh dari <https://www.britannica.com/biography/Amedeo-Avogadro> pada 22 Februari 2023
- Gambar 7.7** Crys Fajar Partana dan Antuni Wiyarsi
- Gambar 7.8** Crys Fajar Partana dan Antuni Wiyarsi

**Gambar 7.9** Crys Fajar Partana dan Antuni Wiyarsi

**Gambar 8.1 (a)** diunduh dari <https://www.gradjevinarstvo.rs/katalog/dokumenta/6414/metal-cinkara-prezentacija-firme.pdf?pdf=katalog> pada 23 Februari 2023

**Gambar 8.1 (b)** diunduh dari <https://immigrationimpact.com/2018/01/23/government-skews-terrorism-data/> pada 22 Februari 2023

**Gambar 8.2** Industry Chemistry: Concepts & Connection 3<sup>rd</sup> ed

**Gambar 8.3** Chemistry, New Coordinated Science, Gallagher RoseMarie dan Ingram Paul.

**Gambar 9.1** diunduh dari [www.chemistryexplained.com](http://www.chemistryexplained.com) pada 22 Februari 2023

**Gambar 9.2** diunduh dari [https://www.researchgate.net/figure/Henry-Louis-Le-Chatelier-8-Oct-1850-17-Sept-1936-French-Italian-chemist\\_fig2\\_284673073](https://www.researchgate.net/figure/Henry-Louis-Le-Chatelier-8-Oct-1850-17-Sept-1936-French-Italian-chemist_fig2_284673073)

**Gambar 9.3.** Chemistry (McMurry), 2001

**Gambar 9.4** diunduh dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Fritz\\_Haber](https://en.wikipedia.org/wiki/Fritz_Haber) pada 22 Maret 2023

**Gambar 10.1** diunduh dari <https://www.merdeka.com/sehat/4-manfaat-kesehatan-yang-dapat-dipetik-dari-air-mendidih.html> pada 22 Maret 2023

**Gambar 10.2** Chemistry, The molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S.

**Gambar 10.3** diunduh dari <https://kumparan.com/lampu-edison/apakah-memanaskan-kembali-air-yang-sudah-mendidih-berbahaya/full> pada 22 Maret 2023

**Gambar 10.4** Silber Chemistry The molecular nature of Matter and Change. McGraw Hill, 2006

**Gambar 10.5** diunduh dari <https://www.kompas.com/> pada 22 Februari 2023

**Gambar 10.6** diunduh dari <https://www.pakarkimia.com/> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.1** diunduh dari <https://otomotif.antaranews.com/berita/2850213/sunra-kenalkan-miku-super-yang-akan-diboyong-ke-pasar-eropa> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.2** Chemistry, McMurry

**Gambar 11.3** Pustekkom Kemendikbud

**Gambar 11.4 dan gambar 11.5** Chemistry, The molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

**Gambar 11.6** diunduh dari <https://www.teknik-otomotif.com/2017/09/cara-pemeriksaan-baterai-accu.html> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.6** diunduh dari <https://sridianti.com/index.html> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.7** Chemistry, Gillespie, Humphreys, Baird, Robinson. International Student Edition, USA.

**Gambar 11.8** diunduh dari <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faraday.jpg>. pada 4 April 2023

**Gambar 11.9 dan Gambar 11.10** General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

**Gambar 11.1** diunduh dari <https://www.studiobelajar.com/> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.12** diunduh dari <https://warstek.com/> pada 22 Februari 2023

**Gambar 11.13** diunduh dari [www.corrosionpedia.com](http://www.corrosionpedia.com) pada 22 Februari 2023

**Gambar 12.20** diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autoclave\\_Prestige\\_Medical\\_Omega\\_from\\_side.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Autoclave_Prestige_Medical_Omega_from_side.jpg) pada 14 November 2022.

**Gambar 12.22** diunduh dari [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UV\\_Sterilisation.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:UV_Sterilisation.jpg) pada 17 November 2022.

**Gambar 13.1** diunduh dari <https://duabelibis.co.id/produk-kami-cuka-dapur/> pada 15 November 2022

**Gambar 13.2** diunduh dari <http://oscartigasembilan03.blogspot.com/2012/02/kimia-analisis-jenis-pembentukan.html> pada 15 Mei 2023

**Gambar 13.3** diunduh dari <https://m.id.aliexpress.com/item/4000432532828.html> pada 14 November 2022

# Indeks

## A

*additive manufacturing* 20, 36, 37, 283  
alkali 88, 129, 137, 227, 229, 273  
alkalimetri 270, 272, 279, 280  
alkali tanah 88, 129, 137, 227, 229  
alkena 112, 117, 118, 123, 136, 137, 144, 212, 286  
alkohol primer 108, 121, 123, 127, 128, 131, 132, 137  
alkohol sekunder 121, 129, 137  
alkohol tersier 121, 123  
alu 67  
anaerob 32, 243  
analisis gravimetri 270, 271, 275, 276, 278, 279, 280, 281  
analisis kualitatif 154  
analisis kuantitatif 154, 271  
analisis volumetri 270, 271  
angka lempeng total 267  
anorganik 5, 14, 29, 30, 67, 78, 89, 94, 96, 97, 108, 109, 110, 141, 145, 166, 250, 284  
APAR 90, 91, 283  
*artificial intelligence* 20, 36, 37  
asam karboksilat 121, 123, 127, 131, 132, 133  
Ascomycetes 245  
asidimetri 270, 272  
*augmented reality* 20, 36, 37  
*autoclave* 250, 251, 253, 254, 267  
autoredoks 217, 218

## B

bahan kimia khusus 7  
bahan kimia komoditas 6, 7  
bakteri 30, 32, 87, 94, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 251, 255, 256, 260, 262, 263, 267, 268, 283, 285  
baku mutu udara 98  
basa 78, 131, 136, 144, 161, 163, 164, 166, 219, 225, 270, 272, 279, 280  
batang pengaduk 62  
*batch* 18, 19  
*big data* 20, 36, 37, 283  
BOD 30, 283  
botol semprot 66  
botol timbang 64, 275  
*break even point* 50, 284  
budaya kerja industri iv, 82, 91, 106  
buret 61, 64, 66, 166, 271

## C

cawan porselen 79  
*centrifuge* 71, 72, 293  
cloud computing 20, 23, 36, 37, 284  
COD 30, 93, 284  
*continuous flow* 18, 19  
*copywriting* 51, 52  
corong kaca 74  
corong pisah 62  
*cyber physical* 19  
*cyber security* 20, 25, 36, 37

## D

data mining 26  
densitas 62, 63, 74, 80  
desain pabrik kimia 297  
Deuteromycetes 245  
digital 17, 19, 20, 23, 25, 36, 51, 69, 70, 73, 74, 79, 283, 284  
digitalisasi 16, 38, 51, 284  
distilasi 129  
distributor 8

## E

efek rumah kaca 33  
ekstraksi 62, 106, 284  
EMBA 248, 249  
emisi karbon 34, 35  
erlenmeyer 56, 61, 65, 68, 79, 166, 178, 185, 250, 252, 274, 280, 281, 292  
ester 121, 123, 124, 125, 130, 131, 132, 133, 134, 284  
etanol 6, 12, 69, 87, 88, 107, 121, 122, 124, 125, 133, 135, 136, 183, 237  
eter 87, 109, 121, 122, 123, 125, 126, 204  
etilen glikol 125, 284  
explosive 86, 88, 293

## F

Faraday 214, 228, 234  
Fehling 130  
filter 93, 97, 99, 100  
flammable 86, 284, 293  
fraksi mol 158, 159, 202  
Furnace 71

## G

Galvani 221  
Gelas beker 59, 279  
Gelas ukur 58, 134  
gliserol 88, 125, 133, 285  
gugus fungsi 108, 120, 121, 122, 130, 285

## H

halogen 116, 135, 136, 285  
hazard 86, 87, 106, 293  
Heating mantle 71  
hipertonik 209  
hipotonik 209  
Homogen 182, 184  
hukum kekekalan massa 140, 146

## I

Industri i, ii, iv, xiv, xv, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 49, 82, 83, 91, 168, 180, 282, 193, 198, 212, 234, 236, 237, 241, 281, 269, 235, 213, 199, 181, 169, 139, 107, 81, 55, 39, 15, 287, 288, 289  
Industri 4.0 16, 17, 19, 20, 21, 25, 37, 38, 287, 289, 290  
industri prioritas 3, 4  
inkubasi 257, 258, 259, 260  
inokulasi 236, 255, 256, 260, 267, 268  
isolasi 236, 249, 255, 257, 267, 285  
isomer fungsi 121, 122, 125, 128  
isomer posisi 118, 119, 125, 136  
isotonik 209



## J

jembatan garam 222

## K

K3 14, 48, 52, 83, 298

kaca arloji 279

Kaca arloji 61, 70

kaki tiga x, 60, 65, 68, 130, 299

kapang 236, 244, 245, 246, 248, 259,  
261, 262, 263, 267, 268, 299

karbon anorganik 110, 299

karbon organik 109, 110, 299

kasa kawat 299

Kasa kawat 65

keadaan darurat 82, 89, 90

kecelakaan kerja 48, 81, 83, 105

keton 87, 98, 121, 126, 128, 129, 130,  
137

kewirausahaan 287, 311

Kimia anorganik 30, 108

Kimia organik 30, 108

klem 274, 299

Klem 64, 110

koagulasi x, 31, 96, 299

koligatif 200, 201, 203, 210, 211, 212,  
299

koloni 255, 256, 259, 260, 261, 262,  
263, 264, 265, 266, 267, 268, 299

kompresor 12, 25, 299

kondensor 12, 64, 195, 299

konsentrasi 22, 26, 48, 56, 57, 74, 75,  
77, 78, 79, 80, 94, 104, 140, 158,  
162, 163, 165, 167, 170, 171, 172,  
173, 174, 175, 179, 186, 189, 192,  
194, 197, 201, 204, 208, 211, 259,  
261, 271, 272, 285, 299

korosi 214, 231, 232, 234, 299

## L

Labu ukur 57, 165, 274

larutan organik 78

larutan standar 73, 74, 75, 77, 140,  
162, 163, 165, 166, 168, 271, 272,  
273, 274, 299

logistik 2, 8, 9

## M

Magnetic stir bar 71

Magnetic stirer 70

media 12, 23, 51, 79, 90, 236, 240, 243,  
244, 246, 247, 248, 249, 250, 251,  
252, 253, 254, 255, 256, 259, 260,  
267, 268, 285, 290

membran semipermeabel 286

metanol 106, 123, 124, 128

mikroba 235, 237, 241, 242, 244, 246,  
247, 248, 249, 250, 251, 255, 256,  
259, 261, 264, 267, 268, 284, 285

mikrobiologi iv, 42, 86, 236, 243, 251,  
267, 268, 285

mikroorganisme 32, 36, 72, 93, 96,  
238, 242, 243, 249, 267, 268

mikroskop 72, 73, 237, 246, 259, 267,  
286

molalitas 75, 158, 160, 204, 206

molaritas 75, 158, 160, 161, 175, 285

morfologi 245

Mortar 67

MSDS 48, 82, 87, 102, 103, 104, 105,  
106

## N

nama trivial 144



Neraca digital 69

Netralisasi 31, 272

Normalitas 161

## O

oksidasi 116, 123, 128, 132, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 224, 231, 233, 272, 286

oksidator 88, 89, 105, 217, 220

Organik 93, 98, 107, 108, 109, 110, 140, 144, 287

Oven listrik 71

## P

papan kontrol 41

pasteurisasi 242, 253

pelarut 106, 204, 206

pemanasan global 16, 33

pemurnian logam 229

Pengaduk kaca 165, 207

pengapungan 31

pengenceran 77, 79, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266

pengolahan air 31, 95

penjepit kayu 66

penjepit tabung reaksi 64, 66, 207, 211

penyepuhan 229, 230

peralatan gelas 79

perpindahan panas 11, 12

persen berat 75

persen volume 75

pH 31, 67, 68, 163, 164, 250, 272, 276

piknometer 63, 74

pipet filler 63, 69

pipet tetes 59, 60, 279, 134

pipet ukur 63

pipet volume 58, 59, 274

plant 43, 45

potensial sel 223, 224

pour plate 259

Presipitasi 31

proses kamar timbal 196

proses kontak 196, 198

## Q

Quality control 40, 45

## R

radioaktif 90

rak tabung reaksi 66, 188, 207

rantai pasok 2, 7, 8, 9, 14

reaktor 9, 10, 12, 18, 19, 32, 195, 196

recovery 32

recycle 32

reduction 32

research and development 14, 41, 42, 52

rethink 32

reuse 32

RIPIN 2

## S

sedimentasi 31, 96, 99

sel elektrokimia 214, 215, 221

sel volta 221, 222, 223, 226, 233

semi-batch 18, 19

smart factory 25, 26

soklet 64

Spatula 65, 165

spread plate 259

Statif 64, 110

sterilisasi 236, 250, 251, 252, 253, 254,  
267, 268

system integration 20, 36, 37

## T

Tanur 71, 279

TDS 93

tekanan osmotik 200, 208, 209, 286

tekanan uap 184, 200, 201, 202, 203,  
205, 211, 286

titik beku 200, 201, 203, 204, 205, 206,  
207, 211, 212

titik didih 119, 122, 137, 195, 200,  
201, 203, 204, 205, 206, 207, 210,  
211, 286

titrasi 61, 163, 164, 166, 270, 271, 272,  
273, 274, 279, 280, 281, 286

titrimetri 271, 279, 280

Tollens 127

TSS 93, 97

## U

unit pemisahan 10

utilitas 10

## V

valve 12, 253, 254

virus 30, 46, 87, 94, 238, 267, 286

## W

waterpass 69

## Y

yoghurt 235, 242, 267

# Profil Pelaku Perbukuan

## Profil Penulis

Nama Lengkap : Fitriyani Yetti Handayani, S.T.  
Email : *fitriyaniyetti@gmail.com*  
Instansi : SMKN 2 Depok Sleman  
Alamat Instansi : Mrican, Caturtunggal, Depok,  
Sleman, DIY  
Bidang Keahlian : Teknik Kimia



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. Ketua Program Keahlian Kimia Industri SMKN 2 Depok (2021–sekarang)
2. Guru Kimia Industri di SMK Negeri 2 Depok (2020–sekarang)
3. Guru Kimia Industri di SMK Negeri 1 Panjatan (2010–2019)

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

1. S2: Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada (2021–sekarang)
2. S1: Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada (1995–2001)

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Operasi Teknik Kimia Kelas XI, PT Kuantum Buku Sejahtera, 2020
2. Operasi Teknik Kimia Kelas XII, PT Kuantum Buku Sejahtera, 2020
3. Proses Industri Kimia Kelas XII, PT Kuantum Buku Sejahtera, 2020
4. Proses Industri Kimia Kelas XI, Penerbit Andi Yogyakarta, 2022

Nama Lengkap : Teguh Pangajuanto  
Email : *teguhpanjauanto@gmail.com*  
Instansi : SMK Negeri 2 Sukoharjo, Jawa Tengah  
Alamat Instansi : Jalan Solo–Wonogiri, Begajah, Sukoharjo 57515  
Bidang Keahlian : Teknik Kimia Industri



### **Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)**

Guru Kimia Industri SMK Negeri 2 Sukoharjo

### **Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar**

S1: Universitas Sebelas Maret Surakarta (1989–1995)

### **Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)**

1. Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium Kimia, Semester 2, 2021
2. Teknik Dasar Pekerjaan Laboratorium Kimia, Semester 1 2021
3. Aneka Sabun Buatan Sendiri, 2020
4. Azas Teknik Kimia, 2020

### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)**

1. Peningkatan Kompetensi Membuat Larutan Standar pada Capaian Satuan Molar Melalui Model Pembelajaran *Team Assisted Individualization (TAI)* Modifikasi *Problem Based Learning (PBL)* Siswa Kelas XI TKI A SMK Negeri 2 Sukoharjo Semester 1 Tahun Pelajaran 2022/ 2023.
2. Peningkatan Kompetensi Menimbang dengan Neraca Analitis Melalui Model Pembelajaran *Team Assisted Individualization (TAI)* pada Siswa Kelas X KI A SMK Negeri 2 Sukoharjo Semester 1 Tahun Pelajaran 2019/ 2020.

Nama Lengkap : Dr. Eng. Rizka Zulhijah, ST., MT.  
Email : [zulhijahrizka@gmail.com](mailto:zulhijahrizka@gmail.com)  
Instansi :  
Alamat Instansi :  
Bidang Keahlian : Teknik Kimia



**Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):**

1. Penulis buku nonfiksi tersertifikasi (2021-sekarang)
2. Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Brawijaya, Malang (2016-2018)
3. Dosen Jurusan Teknik Kimia, Universitas WR. Supratman, Surabaya (2011-2012)

**Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:**

1. S3: Chemical Engineering, Hiroshima Univesity, Japan (2013\_2016)
2. Student Exchange S2 Kumamoto University, Japan (2011\_2012)
3. S2: Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2010\_2012)
4. S1: Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (2006\_2010)

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):**

1. Juara US Fisika SMA, Tiga Serangkai, 2023 (proses terbit)
2. Ensiklopedia Hidup Sehat, Tiga Serangkai, 2022 (proses penilaian)
3. LKS Fisika Kelas XIB, Bina Pustaka, 2022 (proses terbit)
4. Buku Teks Pendamping Informatika Kelas X, Intan Pariwara, 2022 (proses penilaian pusbuk)
5. Popo, Sampah, dan Suratnya, Balai Pustaka, 2022
6. Doa Burung-Burung, Republika, 2022
7. Roda Dari Masa ke Masa, Grasindo, 2022 (proses terbit dan penilaian pusbuk)
8. Seri Nusantara Keren Petani dan Tanaman Beraneka, Grasindo, 2022 (proses terbit dan penilaian pusbuk)
9. Engkau Bukan Jodohku, WIN Media Literatama, 2022
10. 86 Dongeng Ternama Indonesia, Elex Media Komputindo, 2022
11. Fabel Pembentuk Anak Sholeh, WIN Media Literatama, 2021
12. Di Angkasa Banyak Cerita, Wonderland Publisher, 2021
13. Muslim Heroes, Wonderland Publisher, 2021
14. Dongeng Anak, Frogi Ingin Bisa Terbang, SIP Publishing, 2021
15. Dialog Iman, Maskana Media, 2020
16. Cerita Anak Bergambar Jelajah Dunia Islam, Rumah Literasi IP Bekasi, 2018
17. Beginilah Cara Tuhan Mengubah Nasibku, Quantum (Elex Media), 2015

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. R, Zulhijah. Yoshimi, K. Nandiyanto, A. B. D. Ogi, T. Iwaki, T. Nakamura, K. Okuyama, K.  *$\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> phase formation of plasma-synthesized core-shell type  $\alpha$ -Fe nanoparticles under various conditions.* **Adv. Powder Technol.** **2014**, 25, 582-590.
2. R, Zulhijah. Nandiyanto, A. B. D. Ogi, T. Iwaki, T. Nakamura, K. Okuyama, K. *Gas phase preparation of spherical core-shell  $\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> /SiO<sub>2</sub> magnetic nanoparticles.* **Nanoscale**, **2014**, 6, 6487-6491.
3. R, Zulhijah. Nandiyanto, A. B. D. Ogi, T. Iwaki, T. Nakamura, K. Okuyama, K. *Effect of oxidation on  $\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> phase formation from plasma-synthesized spherical core-shell  $\alpha$ -Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles.* **J. Magn. Magn. Mater.** **2015**, 381, 89-98.
4. R, Zulhijah. Suhendi, A. Yoshimi, K. Kartikowati, C.W. Ogi, T. Iwaki, T. Okuyama, K. *LowEnergy Bead-Mill Dispersion of Agglomerated Core-Shell  $\alpha$ -Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and  $\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Ferromagnetic Nanoparticles in Toluene.* **Langmuir** **2015**, 31, 6011-6019.
5. A, Suhendi. Zulhijah, R. Kartikowati, C. W. Ogi, T. Iwaki, T. Okuyama, K. *Preparation and characterization of Magnetic Films of Well-dispersed Single Domain of Core-Shell  $\alpha$ - Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles.* **Adv. Powder Technol.** **2015**, 26, 1618-1623.
6. C. W, Kartikowati. Suhendi, A. Zulhijah, R. Ogi, T. Iwaki, T. Okuyama, K. *Effect of magnetic field strength on the alignment of  $\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> nanoparticle films.* **Nanoscale** **2016**, in press.
7. T, Ogi. Zulhijah, R. Iwaki, T. Okuyama, K. *Recent Progress in Nanoparticle Dispersion using Bead-mill.* **Kona Powder Part. J.** **2016**, 33.
8. C. W, Kartikowati. Suhendi, A. Zulhijah, R. Ogi, T. Iwaki, T. Okuyama, K. *Preparation and Evaluation of Magnetic Nanocomposite Fibers Containing  $\alpha$ -Fe and  $\alpha$ -Fe<sub>16</sub>N<sub>2</sub> nanoparticles in Polyvinylpyrrolidone via Electrospinning.* **Nanotechnology** **2016**, 27, 025601-025610.
9. Asep Bayu Dani Nandiyanto, Zulfan Adi Putra, Riezqa Andika, Muhammad Roil Bilad, Tedi Kurniawan, Rizka Zulhijah, Ida Hamidah. *Porous activated carbon particles from rice straw waste and their adsorption properties.* **Journal of Engineering Science and Technology.** **2017**.
10. Machmudah, S., Zulhijah, R., Wahyudiono, Kanda, H., Goto, M. *Magnetite thin film on mild steel formed by hydrothermal electrolysis for corrosion prevention.* **Chemical Engineering Journal**, **2015**, 268, pp. 76–85.
11. Poerwadi, Bambang; Miranda, Farid Fadillah; Arini, Mutiara Dita; Oktavian, Rama; Zulhijah, Rizka. *Sintesa Adsorben Zeolite Alam Aktif Dengan Bantuan Microwave Untuk Adsorpsi Co<sub>2</sub>.* **Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan.** **2017**. Vol 1, No 1.

### Informasi Lain dari Penulis:

1. Penulis memiliki Sertifikat Kompetensi Penulis Nonfiksi, yang diterbitkan oleh Badan Nasional Sertifikasi Profesi (berlaku sampai tahun 2024) dengan No. Reg. KOM.1446.01133 2021
2. Alamat google scholar:  
<https://scholar.google.co.jp/citations?user=EWe0RdQAAAAJ&hl=id>



## Profil Penelaah

Nama Lengkap : Dr. Hendrawati, M.Si.  
Email : [hendrawati@uinjkt.ac.id](mailto:hendrawati@uinjkt.ac.id)  
Instansi : -  
Alamat Instansi : Prodi Kimia FST UIN Jakarta  
Jl. Ir. H. Djuanda No 95 Ciputat  
Tangsel Banten  
Bidang Keahlian : Ilmu Kimia Lingkungan



### Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir:

Dosen tetap Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta pada mata kuliah: Kimia Dasar, Kimia Analitik, Kimia Lingkungan, Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan dan AMDAL.

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:

1. UNNES 1997: S1 Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UNNES
2. Universitas Indonesia 1999: Matrikulasi Jurusan Kimia FMIPA UI
3. Universitas Indonesia 2003: S2 Jurusan Kimia FMIPA UI
4. Boras University Swedia 2015: Program Student Exchange/Program Sandwich Luar Negeri (Prosale) Kemenag RI.
5. IPB University 2016: Pengelolaan Sumber daya Alam dan Lingkungan

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit:

1. *Pyrolysis of PP and HDPE from plastic packaging waste into liquid hydrocarbons using natural zeolite Lampung as a catalyst. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering journal homepage: [www.sciencedirect.com/journal/case-studies-in-chemical-and-environmental-engineering](http://www.sciencedirect.com/journal/case-studies-in-chemical-and-environmental-engineering). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100290>. Scopus Q1 tahun 2023.*
2. *Formulation and Antioxidant Activity of Lip Balm Prepare Enriched by Bidara Leaf Extract (Ziziphus spina-christi L.). EnvironmentAsia 15(3) 2022 95-105. DOI 10.14456/ea.2022.51 ISSN 1906-1714; ONLINE ISSN: 2586-8861. Scopus Q3 2022.*
3. *Synthesis of Adsorbent from Bagasse for Methylene Blue Adsorption. Jurnal Kimia Valensi, Vol 7(2), November 2021, 188-195 Available online at Website: <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi>. Sinta 2 tahun 2021.*
4. *Analysis of Cs-137 Radionuclide On The East Jakarta Flood Canal Water Samples Using Gamma Spectrometer; Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia Vol 22, No. 2 (2021) 47 – 51 (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology). 2021*
5. *FORMULATION, ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIA ACTIVITIES OF PEEL-OFF GEL MASK, ENRICHED WITH BIDARA LEAF (ZIZIPHUS SPINA-CHRISTI L.) EXTRACT. International Journal of GEOMATE, April, 2020, Vol.18, Issue 68, pp. 66 - 72 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2020.68.5656> Q3 2020*



6. *Facial Mask Formulation Enriched with Moringa Leaves (Moringa oleifera) Extract and Their Activity as Antioxidants and Antibacterials*. Jurnal Kimia Valensi, Vol 6(2), November 2020, 198-207 Available online at Website: <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/valensi>. Sinta 2 tahun 2020.
7. *CHARACTERIZATION AND ANTICANCER ACTIVITY FROM GAHARU (Aquilaria malaccensis) STEM BARK EXTRACT*; *EduChemia Vol.x, No.x, 2020* (Jurnal Kimia dan Pendidikan) e-ISSN 2502-4787; 2020.
8. *Characterization of solid perfume based on Cocoa Butter with Jasmine Oil as fragrance; The 6th International Symposium on Applied Chemistry (ISAC) 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1011 (2021) 012037 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1011/1/012037*; 2020.
9. *FORMULATION OF THE BODY SCRUB CREAM CONTAINING MORINGA SEED POWDER (MORINGA OLEIFERA) AND ITS EXAMINATION DERMAL ACUTE IRRITATION*. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/692/572>. Q3 2019.
10. Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru; Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 4(2), November 2018, 156-167; Sinta 2 2018.
11. KARAKTERISASI SIFAT MAGNETIK DAN SERAPAN GELOMBANG MIKRO Ni(0,5-X) LaX Fe<sub>2</sub>5O<sub>4</sub> HASIL SINTESIS DENGAN METODE KO-PRESIPITAS; Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 4(2), November 2018, 156-167. Sinta 2 2018.
12. PEMBUATAN PUPUK KALIUM SULFAT DARI PRODUK SAMPING BIODISEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK GORENG BEKAS. Jurnal Kinia Valensi. DOI: 10.15408/jkv.v3i1.5143. Sinta 2 tahun 2017.
13. The use of Moringa Oleifera Seed Powder as Coagulant to Improve the Quality of Wastewater and Ground Water; IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016
14. Penggunaan Kitosan Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. DOI: 10.15408/jkv.v0i0.3148. Sinta 2 Tahun 2015.
15. *Characterization of physico-chemical properties of nano-sized Moringa oleifera seed powder and its application as natural coagulant in water purification. Journal of Environment and Earth Science. Volume 5. ISSN 2224-3216 (Paper) ISSN 2225-0948 Pages 19-26. Publisher www.iiste.org* Tahun 2015.
16. Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah; Valensi Vol. 4 No. 1, Mei 2014 (36-44) ISSN : 1978 – 8193; Sinta 2 tahun 2014.
17. PEMBUATAN PUPUK KALIUM SULFAT DARI PRODUK SAMPING BIODISEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK GORENG BEKAS; Jurnal Kimia Valensi, Sinta 2 tahun 2014.

Nama Lengkap : Muhammad Widodo, A.T., M.Tech.,  
Ph.D.  
Email : *mwidodo@stttekstil.ac.id*;  
*mohwidodo@gmail.com*  
Instansi : Politeknik STTT Bandung (School of  
Textile Technology)  
Alamat Instansi : Jalan Jakarta No. 31, Bandung  
Bidang Keahlian : *Senior Lecturer*



#### **Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir:**

1. *Head of Postgraduate Program, Politeknik STTT Bandung 2020–present.*
2. *Head of Center for Research and Community Services, Politeknik STTT Bandung 2016–2020.*
3. *Invited Guest Lecturer in Postgraduate Study Program, Master in Chemical Engineering, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya: “Supercritical Carbon Dioxide: A Clean and Sustainable Alternative for Waterless Textile Dyeing”. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya 2017.*
4. *Invited Guest Lecturer in Postgraduate Study Program, Master in Physics, Universitas Diponegoro, Semarang: “Application of Plasma Technology for A Sustainable Alternative Textile Processing”. Universitas Diponegoro, Semarang 2016.*
5. *Reviewer for TEAM projects and South Initiatives 2016, VLIR UOS Belgium, VLIR UOS 2015.*

#### **Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. *Postdoctoral training, Fiber & Polymer Science, College of Textiles, North Carolina State University, USA 2010–2011.*
2. *PhD in Fiber and Polymer Science, Fiber & Polymer Science, College of Textiles, North Carolina State University, USA 2007–2010.*
3. *M.Tech. in Chemical Technology, Chemical Technology, Institute of Technology and Engineering, Massey University, New Zealand 1999–2002.*
4. *B.App.Sci. in Textile Chemistry, Textile Chemistry, School of Textile Technology 1986–1992.*

#### **Judul Penelitian dan Tahun Terbit:**

1. Primadi, Doni, Mohamad **Widodo**, Noerati. (2021). “Pencangkakan Poli (N-Isopropilakrilamida) pada Jaring Raschel Polietilena Menggunakan Plasma Lucutan Korona Bertekanan Atmosfir.” *Texere* 19 (1), 46-61 (2021).
2. Kusumah, Tisna, Tatang wahyudi, Mohamad **Widodo**. “Phase Change Material dari Campuran Parafin untuk Tekstil Swa-Termoregulasi.” *Texere* Vol 18, No 2 (2020).

## Profil Ilustrator

Nama lengkap : Frisna Yulinda Nathasia Harahap, S.Des.  
Email : *frisna.yn@gmail.com*  
Instansi : -  
Alamat Instansi : Jl. Jamblang II No.7 Harapan Jaya Bekasi  
Bidang Keahlian : Desain Komunikasi Visual.

### **Riwayat Pekerjaan (10 Tahun Terakhir):**

1. 2017-Sekarang: *Owner Greegrass Shoes* dan Sepatu Capung
2. 2016: *Desainer Georgian Furniture*.
3. 2013-sampai sekarang: Artistik Majalah GADIS.
4. 2013: *Freelance PT. Unilever Indonesia*
5. 2012-2016: Desain dan Ilustrator Majalah Cahaya Trisakti.
6. 2012: *Internship Program* Majalah GADIS
7. 2012: *Internship Program* WBC Mediakom Trisakti.
8. 2010-2012: *Freelance* Radio Republik Indonesia.

### **Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar:**

1. S1: Desain Komunikasi Visual (2009-2013)

### **Karya/Pameran/Eksibisi dan Tahun Pelaksanaan (10 tahun terakhir):**

1. Pameran Tugas Akhir, Sekolah Tinggi Media Komunikasi Trisakti (2013).

### **Buku yang Pernah dibuat ilustrasi/desain (10 tahun terakhir):**

1. Ilustrasi “10 Cerita Rakyat Indonesia” Departemen Kebudayaan (2012)
2. Perancangan Buku Ilustrasi Sebagai Media Pengenalan Penyandang Tunagrahita (2013).
3. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Katolik Kelas 2, 3, 7 dan 11.
4. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Kristen Kelas 2, 3, 6, 8, 9, 10 dan 11.
5. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Budha Kelas 1, 3, 5 dan 12.
6. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Hindu Kelas 2.
7. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Konghucu Kelas 3.
8. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Seni Tari Kelas 10.
9. Ilustrasi Buku Kurikulum 2013 Mata Pelajaran Agama Sosiologi Kelas 10.

## Profil Editor

Nama Lengkap : Imtam Rus Ernawati  
Email : *imtamrew@gmail.com*  
Instansi : Penerbit Intan Pariwara  
Alamat Instansi : Jalan Ki Hajar Dewantara, Klaten 57438  
Bidang Keahlian : Penerbitan dan Editorial

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir):

1. 2015–sekarang: GM Production PT Penerbit Intan Pariwara
2. 2018–sekarang: Asesor Kompetensi pada LSP Penulis dan Editor Profesional

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar:

S1 : Fakultas Ilmu Budaya/Jurusan Sejarah/ Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1991)

### Judul Buku yang Pernah Diedit dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir):

1. Dasar-Dasar Kuliner Semester 1 untuk SMK/MAK Kelas X, Kemendikbudristek (2022)
2. Dasar-Dasar Kuliner Semester 2 untuk SMK/MAK Kelas X, Kemendikbudristek (2022)
3. Buku Panduan Guru Dasar-Dasar Kuliner untuk SMK/MAK Kelas X, Kemendikbudristek (2022)
4. Sosiologi SMA Kelas XII, Kemendikbudristek (2022)
5. Buku Panduan Guru Sosiologi SMA Kelas XII, Kemendikbudristek (2022)
6. Buku Panduan Guru Pendidikan Khusus bagi Peserta Didik Disabilitas Netra Disertai Hambatan Intelektual, Kemendikbudristek (2022)
7. Buku Panduan Guru Prakarya dan Kewirausahaan: Rekayasa SMA/MA Kelas X, Kemendikbudristek (2022)
8. Buku Panduan Guru Prakarya: Rekayasa SMP/MTs Kelas VII, Kemendikbudristek (2022)
9. Sosiologi SMA Kelas XI. Kemendikbudristek (2022)
10. Buku Panduan Guru Sosiologi SMA Kelas XI, Kemendikbudristek (2022)

Nama Lengkap : Erlina Indarti  
Email :  
Instansi : Pusbuk  
Alamat Instansi : Pusat Perbukuan Kompleks Kemdikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
Bidang Keahlian : Penerbitan

## Profil Desainer

Nama Lengkap : Dono Merdiko  
E-mail : *donoem.2019@gmail.com*  
Instansi : -  
Alamat Instansi : Jl. Akmaliah No. 24, 13730  
Bidang Keahlian : Desainer Buku

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Penata Letak Mizan Group (2013–2021)
2. Penata Letak Penerbit Kasyaf (2005–2021)
3. Penata Letak BTP Tematik Pusat Kurikulum dan Perbukuan (2014–2019)
4. Penata Letak Majalah TrackrMagz (2012–2013)
5. Penata Letak Majalah Mlive (2011–2012)
6. Penata Letak Majalah Musiclive (2009–2011)

### Riwayat Pendidikan dan Tahun Belajar

Bina Sarana Informatika, Manajemen Informatika, (2002)

### Buku yang Pernah Dibuat Ilustrasi/Desain (10 Tahun Terakhir)

1. Buku Seri Tematik, Pusat Kurikulum dan Perbukuan (2014–2019)
2. Buku Agama Mizan Group (2013–2021)
3. Buku Agama Penerbit Kasyaf (2005–2021)
4. Buku Panduan Guru Pengembangan Pembelajaran untuk Satuan PAUD, Pusat Perbukuan (2021)
5. Buku Panduan Guru Sejarah untuk SMA/SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan (2021)
6. Matematika Tingkat Lanjut untuk SMA/SMK Kelas XI, Pusat Perbukuan (2021)
7. Matematika untuk SD/MI Kelas I, Pusat Perbukuan (2022)
8. Buku Panduan Guru Matematika untuk SD/MI Kelas I, Pusat Perbukuan (2022)