

YAHDI, S.PD., M.SI.

# EKSPERIMEN KIMIA 1

Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia  
Melalui Eksperimen



**EKSPERIMEN KIMIA 1**  
**Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum**  
**Kimia melalui Eksperimen**

Yahdi, S.Pd., M.Si.

**EKSPERIMEN KIMIA 1**  
**Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum**  
**Kimia melalui Eksperimen**

  
**Sanabil**

# **EKSPERIMEN KIMIA 1 Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia melalui Eksperimen**

© Sanabil 2020

Penulis: Yahdi, S. Pd., M.Si.  
Editor : Dr. Dwi Wahyudiati, M.Pd.  
Layout: Kurniawan Arizona, M.Pd.  
Desain Cover : Sanabil Creative

*All rights reserved*

Hak Cipta dilindungi Undang Undang  
Dilarang memperbanyak dan menyebarkan sebagian atau keseluruhan isi buku dengan media cetak, digital atau elektronik untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

ISBN : 978-623-317-039-0  
Cetakan 1 : Desember

Penerbit:  
Sanabil  
Jl. Kerajinan 1 Blok C/13 Mataram  
Telp. 0370- 7505946, Mobile: 081-805311362  
Email: sanabilpublishing@gmail.com  
[www.sanabil.web.id](http://www.sanabil.web.id)

## DAFTAR ISI

Cover ~ i

Halaman Judul ~ iii

Daftar Isi ~ v

Daftar Tabel ~ vii

Daftar Gambar ~ viii

Kata Pengantar Dekan ~ xi

Prakata Penulis ~ xiv

Bab I	: Aturan dan Simbol Keselamatan Laboratorium.....	1
	Aturan Keselamatan.....	1
	Mengenai Simbol-Symbol Keselamatan.....	9
Bab II	: Keterampilan Dasar Laboratorium.....	15
	Teknik Mengukur.....	15
	Teknik Penanganan Bahan Kimia.....	20
	Teknik Menggunakan dan Merawat Timbangan.....	23
	Teknik Mengukur Volume Cairan.....	25
	Teknik Kalibrasi Labu Ukur.....	33
	Pipet Mohr Vs Pipet Volum.....	35
	Teknik Kalibrasi Pipet Beral.....	36
	Teknik Membersihkan Pipet.....	38
	Teknik Menggunakan Buret.....	39
	Titik Akhir Vs Titik Ekuivalen.....	41
	Teknik Pemanasan.....	47
	Teknik Menggunakan Pemanas.....	49
	Teknik Menggunakan Pemanas Alkohol.....	50
	Teknik Menggunakan Pembakar Gas.....	51
	Teknik Memodifikasi Alat Gelas.....	54
	Teknik Penguapan dan Pengeringan.....	61
Bab III	: Pemisahan Campuran.....	65
	Campuran dan Metode Pemisahannya.....	65
	Eksperimen.....	70
Bab IV	: Konsentrasi Larutan.....	83
	Satuan Konsentrasi Larutan.....	83
	Eksperimen.....	89

Bab V	: Sifat dan Perubahan Materi.....	103
	Materi dan Perubahannya.....	103
	Eksperimen .....	106
Bab VI	: Termokimia.....	113
	Konsep Themokimia.....	113
	Eksperimen .....	119
Bab VII	: Hukum Gas.....	137
	Hukum-Hukum Gas.....	137
	Eksperimen .....	143
Bab VIII	: Kesetimbangan Kimia.....	177
	Prinsip Le Chatelier .....	177
	Eksperimen .....	179

Daftar Pustaka ~ 189

CV Penulis ~ 191

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Jenis Akuades pada Berbagai Temperatur .....	35
Tabel 2.2 Contoh Hasil Titrasi dengan Metode Perbedaan Massa..	46
Tabel 3.1 Lembar Pengamatan .....	73
Tabel 3.2 Lembar Pengamatan Pemurnian Alkohol .....	76
Tabel 3.3 Lembar Pengamatan Pemurnian Tembaga Sulfat .....	81
Tabel 4.1 Lembar Pengamatan Beberapa larutan Stok .....	93
Tabel 5.1 Lembar Pengamatan Pencampuran Larutan .....	108
Tabel 5.2 Lembar Pengamatan Pelarutan Zat .....	109
Tabel 5.3 Lembar Pengamatan Pencampuran Larutan .....	111
Tabel 6.1 Lembar Pengamatan dan perhitungan .....	121
Tabel 6.2 Lembar Pengamatan Panas Fusi Es .....	125
Tabel 6.3 Lembar Pengamatan Pengukuran Panas Jenis Logam...	130
Tabel 6.4 Lembar Pengamatan Percobaan Pengukuran Perubahan Entalpi Reaksi .....	134
Tabel 7.1 Lembar Pengamatan Hubungan Antara Volume -Tekanan Gas .....	148
Tabel 7.2 Lembar Pengamatan dan Perhitugan Hubungan volume- temperatur gas .....	155
Tabel 7.3 Lembar Pengamatan dan Perhitungan Hubungan Volume- Tekanan gas .....	161
Tabel 7.4 Lembar Pengamatan Eksperimen Menentukan Persentase Asam Asetat dalam Cuka .....	169
Tabel 7.5 Lembar Pengamatan Penentuan Massa molar dari Massa Jenis Uap .....	174
Tabel 8.1 Lembar Pengamatan Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kesetimbangan .....	182
Tabel 8.2 Lembar Pengamatan Pengaruh Suhu Terhadap Kesetimbangan .....	183
Tabel 8.3 Lembar Pengamatan Pengaruh Volume Terhadap Kesetimbangan .....	184
Tabel 8.4 Lembar Pengamatan Pengaruh Tekanan Terhadap Kesetimbangan .....	185
Tabel 8.5 Lembar Pengamatan Pengaruh Konsentrasi dan Suhu Terhadap Kesetibangan Kompleks Tembaga.....	188

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kacamata Pengaman .....	1
Gambar 1.2	Kaca mata dan lensa kontak.....	1
Gambar 1.3	Menggunakan Jas Lab yang benar.....	2
Gambar 1.4	Larangan memipet dengan mulut.....	2
Gambar 1.5	Selimut Api.....	7
Gambar 1.6	Pemadam Kebakaran.....	7
Gambar 1.7	Pencuci Mata.....	7
Gambar 1.8	Sower Keselamatan .....	7
Gambar 1.9	Pintu Darurat.....	7
Gambar 1.10	Kumpulan Simbol-Symbol Keselamatan .....	12
Gambar 2.1	Estimasi pengukuran volume menggunakan buret.....	16
Gambar 2.2	Cara memegang botol dan tutupnya dengan satu tangan.....	22
Gambar 2.3	Cara memindahkan zat kimia serbuk ke atas kertas.	22
Gambar 2.4	Cara mengambil zat kimia dengan pipet beral.....	22
Gambar 2.5	Cara menuangkan larutan menggunakan batang pengaduk .....	22
Gambar 2.6	Timbangan dan anak timbangan kalibrasi .....	24
Gambar 2.7	Timbangan, wadah timbangan plastik, dan kertas.....	25
Gambar 2.8	Tombol Zero atau Tare neraca elektronik.....	25
Gambar 2.9	Miniskus cekung (adhesi > kohesi) dan miniskus cembung (kohesi > adhesi).....	26
Gambar 2.10	Miniskus dan posisi mata pengamatan.....	26
Gambar 2.11	Contoh cairan dalam gelas ukur plastik tidak memiliki miniskus.....	27
Gambar 2.12	Cara memegang dan menggerakkan labu ukur.....	28
Gambar 2.13	Melumasi tutup labu ukur dengan Vaseline.....	30
Gambar 2.14	Cara menggunakan pipet filler.....	31
Gambar 2.15	Bagian-bagian pipet Filler.....	32
Gambar 2.16	Pipet Volum dan Pipet Mohr.....	36
Gambar 2.17	Kalibrasi Pipet Beral.....	37
Gambar 2.18	Membuang gas di ujung Buret dan cairan dalam Buret.....	40
Gambar 2.19	Pipet ukur yang dipasang pipa karet elastis.....	44
Gambar 2.20	Menentukan massa gabungan antara gelas kimia, titran, dan pipet Beral.....	46

Gambar 2.21 Menggunakan batang pengaduk untuk menghindari pemanasan tinggi.....	48
Gambar 2.22 Cara pemanasan tabung reaksi yang benar.....	48
Gambar 2.23 Hotplate.....	49
Gambar 2.24 Lampu Alkohol.....	49
Gambar 2.25 Teknik meniup api.....	51
Gambar 2.26 Pembakar Bunsen dan bagian-bagiannya.....	51
Gambar 2.27 Model dan suhu nyala api.....	53
Gambar 2.28 Model nyala api menderu.....	53
Gambar 2.29 Macam-macam nyala pembakar Bunsen.....	54
Gambar 2.30 Menggores pipa gelas dengan kikir.....	56
Gambar 2.31 Cara mematahkan pipa gelas.....	56
Gambar 2.32 Sayap bagian atas pembakar Bunsen.....	57
Gambar 2.33 Cara memegang pipa gelas diatas nyala.....	57
Gambar 2.34 Cara memegang sebelum dibengkokkan.....	57
Gambar 2.35 Cara membengkokkan pipa gelas dengan cepat.....	57
Gambar 2.36 Gelas nomor 1 hasil yang paling baik.....	57
Gambar 2.37 Cawan penguap.....	62
Gambar 2.38 Lampu pemanas.....	62
Gambar 3.1 Rangkaian alat destilasi sederhana.....	75
Gambar 3.2 Endapan dan Kristal $\text{CuSO}_4$ .....	80
Gambar 7.1 Alat Pengukur Volume Gas yang Dikompresi Oleh Massa.....	143
Gambar 7.2 Bagian-bagin Syringe.....	146
Gambar 7.3 Posisi Karet Piston (seal).....	146
Gambar 7.4 Mengukur volume gas dalam gelas alkohol dan es kering.....	153
Gambar 7.5 Peralatan untuk Pengamatan Hukum Gay-Lussac....	158
Gambar 7.6 Rangkaian Peralatan Penghasil dan Penampung Gas.....	163
Gambar 7.7 Peralatan yang digunakan oleh Dumas pada tahun 1826 untuk menentukan massa molar dari massa jenis uap.....	170
Gambar 7.8 Peralatan Robert Bruce-Thompson untuk menentukan massa molar dari massa jenis uap.....	171

## KATA PENGANTAR DEKAN

*Alhamdulillah*, segala puji hanya milik Allah SWT. Shalawat & Salam semoga senantiasa terlimpah pada teladan agung Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya sampai hari kebangkitan kelak. Berkat rahmat dan hidayah Allah SWT, program penulisan buku ajar dan referensi telah dapat dirampungkan.

Kewajiban dosen untuk menulis dan memproduksi buku, baik buku ajar maupun buku referensi sejatinya sudah diatur dalam UU Nomor 12 tahun 2012 tentang perguruan tinggi dan UU Nomor 14 tahun 2005 tentang Guru dan Dosen dan sejumlah regulasi lainnya. Pasal 12 UU No.12 tahun 2012 dengan tegas menyebutkan bahwa dosen secara perseorangan atau kelompok wajib menulis buku ajar atau buku teks yang diterbitkan oleh perguruan tinggi sebagai salah satu sumber belajar.

Kompetisi Buku Ajar dan Referensi (KOBAR) Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Mataram tahun 2020 adalah upaya Fakultas untuk berkontribusi dalam implemmentasi undang-undang di atas, dimana secara kuantitatif, grafik riset dan publikasi dosen PTKI masih harus terus ditingkatkan. Tujuan lainnya adalah meningkatkan mutu pembelajaran dengan mewujudkan suasana akademik yang kondusif dan proses pembelajaran yang efektif, efisien dengan kemudahan akses sumber belajar bagi dosen dan mahasiswa. Publikasi ini juga diharapkan *men-support* peningkatan karir dosen dalam konteks kenaikan jabatan fungsional dosen yang ujungnya berdampak pada peningkatan status dan peringkat akreditasi program studi dan perguruan tinggi.

Secara bertahap, Fakultas terus berikhtiar meningkatkan kuantitas dan kualitas penerbitan buku. Pada tahun 2019 berjumlah 10 judul buku dan meningkat cukup signifikan tahun 2020 menjadi 100 judul yang terdistribusi dalam 50 judul buku ajar dan 50 judul buku referensi. Ikhtiar Fakultas tidak berhenti pada level publikasi, namun berlanjut pada pendaftaran Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dosen di Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual (DJKI) Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia RI, sehingga tahun 2020 menghasilkan 100 HKI dosen.

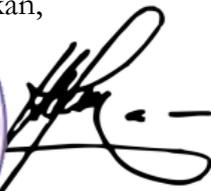
Kompetisi buku ajar dan referensi tahun 2020 berorientasi interkoneksi-integrasi antara agama dan sains, berspirit Horizon Ilmu UIN Mataram dengan inter-multi-transdisiplin ilmu yang mendialogkan metode dalam *Islamic studies* konvensional berkarakteristik deduktif-normatif-teologis dengan metode *humanities studies* kontemporer seperti sosiologi, antropologi, psikologi, ekonomi, hermeneutik, fenomenologi dan juga dengan metode ilmu eksakta (*natural scincies*) yang berkarakter induktif-rasional. Dari 100 judul buku, terdapat 10 judul tematik yang menjawab problem epistemologis pendidikan Islam, terutama terkait misi Kementerian Agama RI seperti moderasi Islam (Islam *washathiyah*), pendidikan inklusi, pendidikan anti korupsi, pendidikan karakter, pendidikan multikultural, etno-pedagogik, pembelajaran DARING (dalam jaringan), pendidikan & isu gender, ragam pesantren (pesisir, enterprenuer), dan tema teraktual yaitu merdeka belajar dan kampus merdeka.

Mewakili Fakultas, saya berterima kasih atas kebijakan dan dukungan Rektor UIN Mataram Prof. Dr. H Mutawali, M.Ag dan jajarannya, kepada 100 penulis yang telah berkontribusi dalam tahapan kompetisi buku tahun 2020, dan tak terlupakan juga editor dari dosen sebidang dan penerbit yang tanpa

sentuhan *zauqnya*, *performance* buku tak akan semenarik ini. Tak ada gading yang tak retak; tentu masih ada kurang, baik dari substansi maupun teknis penulisan, di ‘ruang’ inilah kami harapkan saran kritis dari khalayak pembaca. Semoga agenda ini menjadi *amal jariyah* dan hadirkan keberkahan bagi sivitas akademika UIN Mataram dan ummat pada umumnya.

Mataram, 29 Oktober 2020 M  
12 Rabi’ul Awal 1442 H  
Dekan,



  
D. H. Lubna, M.Pd.  
NIP. 196812311993032008

## PRAKATA PENULIS

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah Swt. Berkat karunia-Nya buku Eksperimen Kimia 1 (Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia Melalui Eksperimen) ini bisa hadir sebagai bahan ajar, rujukan atau panduan dalam melakukan kegiatan pembelajaran di laboratorium dan lapangan.

Buku ini disusun sebagai salah satu sarana pembelajaran Praktikum Kimia Dasar 1, Kimia Eksperimen, dan juga dapat sebagai pengayaan pembelajaran dan praktikum kimia di sekolah. Buku ini berisi teori konsep dan hukum-hukum dasar Kimia yang dilengkapi dengan prosedur eksperimen dan percobaan tingkat dasar yang mudah dan sederhana.

Akhirnya, penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah turut membantu demi tersusunnya buku Eksperimen Kimia 1 ini. Penulis menyadari dalam penulisan buku ini masih banyak kekurangan oleh karena itu kritik dan saran diharapkan guna penyempurnaan buku ini.

Terima Kasih.

Penulis



# BAB I

## ATURAN DAN SIMBOL KESELAMATAN LABORATORIUM KIMIA

---

### A. ATURAN KESELAMATAN LABORATORIUM KIMIA

Aturan keselamatan berikut ini harus diikuti setiap saat di laboratorium. Laboratorium kimia tidak selalu menjadi tempat yang berbahaya. Tindakan pencegahan yang terampil dan pemahaman teknik penanganan yang tepat menjadikan laboratorium kimia tidak lebih berbahaya dari pada ruang kelas yang lain. Berikut beberapa aturan keselamatan laboratorium yang harus diikuti:

#### 1. Gunakan Kaca Mata Pengaman

Harus menggunakan kaca mata pengaman setiap melakukan kegiatan di laboratorium. Kaca mata dan lensa kontak tidak diperbolehkan sebagai pelindung mata di laboratorium. Peserta yang tidak mengikuti aturan ini hendaknya diminta segera meninggalkan ruang laboratorium.



Gambar 1.1  
Kacamata Pengaman



Gambar 1.2  
Kaca mata dan lensa kontak

#### 2. Gunakan Pakaian dengan Tepat

Tidak memakai sandal, tidak ada baju yang lebih anda cintai dari pada hidup anda, celana panjang lebih baik dari pada celana pendek atau rok pendek. Ikat rambut jika panjang. Gunakan kaca mata pengaman dan jas lab. Jangan canggung terhadap seseorang, utamakan keselamatan. Jika anda tidak

memperhatikan keselamatan, hal buruk akan menimpa dirimu, seperti kemungkinan membakar diri, tumpahan asam dapat mengenai diri sendiri, orang lain, buku catatan, percikan ke mata sendiri, dll. Jangan menjadi contoh buruk bagi yang lain, yang dikenang selamanya dari akibat suatu kebodohan.



Gambar 1.3  
Menggunakan Jas Lab yang benar<sup>1</sup>

### 3. Dilarang Memipet Menggunakan Mulut

Dilarang memipet larutan secara langsung dengan menggunakan mulut, walaupun cairan yang mau anda pipet tersebut adalah air, tapi anda belum mengetahui seberapa bersih wadah dan pipet yang anda gunakan. Biasakan menggunakan pipet piller atau pipet otomatis.



Gambar 1.4  
Larangan memipet dengan mulut<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <https://brainly.co.id/tugas/617214>

<sup>2</sup> [http://www.chem.unsw.edu.au/bridging-prelab/safety\\_induction.php](http://www.chem.unsw.edu.au/bridging-prelab/safety_induction.php)

#### 4. Baca Informasi Keamanan Bahan Kimia

Telah tersedia *Material Safety Data Sheet* (MSDS) untuk setiap bahan kimia yang digunakan di Laboratorium. Baca MSDS tersebut dan ikuti rekomendasinya untuk keamanan penggunaan dan pembuangan material tersebut<sup>3</sup>. Berikut adalah contoh *Material Safety Data Sheet* untuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

### Material Safety Data Sheet SULPHURIC ACID

Print Date: March 2004

#### SECTION 1 – Chemical Product and Company Identification

MSDS Name: SULPHURIC ACID

MSDS Preparation Date: 02-2004, Supersedes 02-2001, 02-98

Synonyms or Generic ID: Oil of vitriol, hydrogen sulphate, vitriol brown oil, malling acid, battery acid.

SEASTAR™ Product Codes: IQ-03-0500, IQ-03-2500, IQ-03-25SK, BA-03-0250, BA-03-0500, BA-03-1000, BA-03-2000

Canadian TDG Classification: 8 PKG Gr II

Formula: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

PIN (UN# / NA#): UN1830

Molecular Wt: 98.08

Canadian WHMIS Class: Class E; Class D Div 1 Sub A; Class C.

Supplier: Seastar Chemicals Inc, PO Box 2219, 2045 Mills Road West, Sidney, BC, Canada V8L 3S8

Tel: (250) 655-5880, Fax: (250) 655-5888

CANUTEC (CAN):

(613)-996-6666

#### SECTION 2 – Composition/Information on Ingredients

CAS #	Chemical Name	Percent	EINECS/ELINCS	TLV	Hazard
7664-93-9	Sulphuric Acid	73-98%	231-639-5	1 mg/m <sup>3</sup>	Corrosive
7732-18-5	Water	Balance	None	None	None

Hazard Symbols: C Risk Phrases: 35

#### SECTION 3 – Hazards Identification

##### EMERGENCY OVERVIEW

Clear, colourless to dark brown, odourless, dense, oily liquid. Will not burn. Can decompose at high temperatures forming toxic gases, such as sulfur oxides. Contact with combustible materials may cause fire. Highly reactive. Contact with many organic and inorganic chemicals may cause fire or explosion. Contact with metals liberates flammable hydrogen gas. Reacts violently with water. VERY TOXIC. May be fatal if inhaled or swallowed. CORROSIVE to the eyes, skin and respiratory tract. May cause blindness and permanent scarring. Causes lung injury—effects may be delayed. Strong inorganic acid mists containing sulfuric acid are CARCINOGENIC. Target Organs: Lungs, teeth, eyes, skin, mucous membranes.

##### Potential Health Effects

**Primary Route(s) of Entry:** Inhalation and ingestion. Skin contact. Eye contact.

**Effects of Acute Exposure:** Corrosive, oxidizing and sulphenating properties on contact. May be fatal by ingestion, inhalation or skin absorption.

**LD50/LC50:** CAS# 7664-93-3: Inhalation, mouse: LC50 = 320 mg/m<sup>3</sup>/2H, Inhalation, rat: LC50 = 510 mg/m<sup>3</sup>/2H Oral, rat: LD50 – 2140 mg/kg.

**Eyes:** Causes severe eye burns. May cause irreversible eye injury.

**Skin:** Causes skin burns. Defatting dermatitis with prolonged use.

**Ingestion:** May cause severe and permanent damage to the digestive tract. Causes burns in mouth, pharynx and gastrointestinal tract. Nausea, Vomiting, Abdominal pain. Corrosive and toxic

**Inhalation:** Harmful if inhaled. May cause severe irritation of the respiratory tract with sore throat, coughing, shortness of breath and delayed lung edema. Causes chemical burns to the respiratory tract. May cause respiratory inflammation. Destructive to tissues of mucous membranes. Headache, May cause delayed lung injury. Vomiting. Nausea. Pulmonary edema. Corrosive and toxic.

**Effects of Chronic Exposure:** Prolonged or repeated inhalation may cause nosebleeds, nasal congestion, erosion of the teeth, perforation of the nasal septum, chest pain and bronchitis. Prolonged or repeated eye contact may cause conjunctivitis. May cause death. CORROSIVE to body tissues. To the best of our knowledge the chronic toxicity of this substance has not been fully investigated.

---

<sup>3</sup> Robert Bruce Thompson, *Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments* (USA:Dale Dougherty, 2008),10.

## SECTION 4 – First Aid Measures

**Eyes:** Immediately flush eyes and skin with copious amounts of water for at least 15 minutes, holding lids apart to ensure flushing of the entire surface. Do NOT allow victim to rub eyes or keep eyes closed. Get medical aid immediately.

**Skin:** Get medical aid immediately. Immediately flush skin with copious quantities of soap and water for at least 15 minutes while removing contaminated clothing and shoes. **SPEEDY ACTION IS CRITICAL!** Call a physician.

**Ingestion:** Do NOT induce vomiting. If victim is conscious and alert, give 2-4 cups of milk or water. Consult a physician immediately. Never give anything by mouth to an unconscious person.

**Inhalation:** Get medical aid immediately. Remove patient from exposure to fresh air immediately. Administer approved oxygen supply if breathing is difficult. Administer artificial respiration or CPR if breathing has ceased. Call a physician.

**Notes to Physician:** Treat symptomatically and supportively.

## SECTION 5 – Fire Fighting Measures

**General Information:** Wear appropriate protective clothing to prevent contact with skin and eyes. Wear a self-contained breathing apparatus (SCBA) to prevent contact with thermal decomposition products. Contact with water can cause violent liberation of heat and splattering of the material.

**Extinguishing Media:** Use extinguishing media most appropriate for the surrounding fire. Carbon dioxide. Dry chemical power. Do not use water.

**Auto-ignition Temperature:** Not available.

**Flash Point:** Not available.

**NFPA Rating:** Health – 3, Flammability – 0, Instability – 2, Water Reactive.

**Explosion Limits:** Lower: Not available. Upper: Not available.

**Special Fire and Explosion Hazards:** Oxidizing material – contributes to combustion of other materials. Reacts violently with water and organic materials with evolution of heat. Emits toxic and corrosive fumes under fire conditions.

## SECTION 6 – Accidental Release Measures

**General Information:** Use proper personal protective equipment as indicated in Section 8.

**Spills/Leaks:** Clean up spills immediately, observing precautions in the Protective Equipment section. Cover with sand, dry lime or soda ash, and place in a closed container for disposal.

**Steps to be taken in case material is released or spilled:** Evacuate. Wear self-contained breathing apparatus, rubber boots and heavy rubber gloves. Cover with soda ash or lime. Place in a suitable container and mark for disposal. Use non-sparking tools. Ventilate area and wash spill site after material pick-up is complete.

**Waste disposal method:** According to all applicable regulations.

## SECTION 7 – Handling and Storage

**Handling:** Wash thoroughly after handling. Remove contaminated clothing and wash before re-use. Use with adequate ventilation. Do not get in eyes, on skin or on clothing.

**Storage:** Do not store near combustible materials. Keep container closed when not in use. Store in a cool, dry, well-ventilated area away from combustible substances. Do not store near alkaline substances.

Store in a cool place away from heated areas, sparks and flame. Keep tightly closed. Do not add any other material to the container. Do not store in a damp atmosphere. Do not get in eyes, on skin or on clothing. Do not store near organic substances. Do not allow smoking and food consumption while handling. In accordance with good storage and handling practices. Do not store near flammable substances.

Wash well after use.

**Storage Code:** White.

## SECTION 8 – Exposure Control/Personal Protection

**Engineering Controls:** Use process enclosure, local exhaust ventilation, or other engineering controls to control airborne levels.

**Exposure Limits:**

Chemical Name	ACGIH	NIOSH	OSHA
Sulphuric acid	1 mg/m <sup>3</sup> TWA; 3 mg/m <sup>3</sup> STEL	1 mg/m <sup>3</sup> TWA	1 mg/m <sup>3</sup> TWA

OSHA Vacated PELs Sulphuric acid: 1 mg/m<sup>3</sup> TWA.

### Personal Protective Equipment

**Eyes:** Wear appropriate protective eyeglasses or chemical safety goggles as described by OSHA's eye and face protection regulations in 29 CFR 1910.133.

**Skin:** Wear appropriate protective neoprene or polyethylene gloves to prevent skin exposure.

**Clothing:** Wear appropriate protective clothing to prevent skin exposure. Apron or clothing to protect skin. Rubber boots. Sufficient to protect skin.

**Respiratory Protection:** Follow the OSHA respirator regulations found in 29CFR 1910.134. Always use a NIOSH-approved respirator when necessary.

**Ventilation:** Use only in a chemical fume hood.

**Other Protective Equipment:** Make eye bath and emergency shower available.

## SECTION 9 – Physical and Chemical Properties

**Physical State:** Liquid

**Appearance:** colorless

**Odor:** odorless

**pH:** 0.3 (1N Solution)

**Vapor Pressure:** <0.00120 mm Hg

**Vapor Density:** 1.2 kg/m<sup>3</sup>

**Evaporation Rate:** Slower than ether.

**Viscosity:** Negligible.

**Boiling Point:** 554°F

**Freezing/Melting Point:** 50.6°F

**Decomposition Temperature:** 340°C

**Solubility:** Soluble in water and ethanol.

**Specific Gravity/Density:** 1.841

**Molecular Formula:** H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

**Molecular Weight:** 98.0716

## SECTION 10 – Stability and Reactivity

**Chemical Stability:** Stable under normal temperatures and pressures.

**Conditions to Avoid:** Incompatible materials, contact with water, metals, excess heat, combustible materials, organic materials, oxidizers, amines, bases.

**Incompatibilities with Other Materials:** Acetic Anhydride, Acetone Cyanhydrin, Acetone + Nitric Acid, Acetone + Potassium Dichromate, Acetonitrile + Sulphur Trioxide, Acrolein, Acrylonitrile, Alcohols + Hydrogen Peroxide, Allyl Alcohol, Allyl and Aldehyde compounds, Allyl Chloride, 2-Aminoethanol, Ammonium Hydroxide Ammonium Iron (III) sulfate dodecahydrate, Ammonium Triperchromate, Aniline + Glycerol + Nitrobenzene, Benzyl Alcohol, Bromates + Metals, tert-Butyl-m-xylene + Nitric Acid, 1-Chloro-2,3-epoxypropane, Bromine Pentafluoride, n-Butyraldehyde, Cesium Acetylene Carbide, 4-Chloronitrobenzene + sulphur trioxide, Copper, Dichloromethane + Ethanol + Nitrate or Nitrite, 2-Cyano-4-nitrobenzenediazonium hydrogen sulphate, 2-Cyano-2-propanol, Chlorine Trifluoride, Chlorosulfonic Acid (Cyanides), Cyclopentadiene, Cyclopentanone oxime, 1,3-Diazidobenzene, Diethylamine, Cuprous Nitride, Diisobutylene, Ephchlorohydrin, Ethylene Cyanohydrin, Ethylene Diamine, Ethylene Glycol, Dimethoxydinitroanthraquinone, 4-Dimethylaminobenzaldehyde, 2,5-Dinitro-3-Methylbenzoic acid + Sodium Azide, 1,5-Dinitronaphthalene + Sulfur, Ethoxylated nonylphenol, Fulminates, Halides, Hexalthium disilicide, Ethylenimine, Other Acids, Iodine Heptafluoride, Metals, Isoprene, Hydrofluoric acid, Hydrogen peroxide, Metal acetylides or carbides, Metal Chlorates, Metal Perchlorates, 4-Methylpyridine, Nitramide, Nitric Acid + Organic materials, Nitric Acid + Toluene, Nitrites, Nitroaryl bases and derivatives, Nitrobenzene, 3-Nitrobenzenesulfonic Acid, Nitromethane, N-Nitromethylamine, 4-Nitrotoluene, Permanganates, Phosphorus, Phosphorus (II) Oxide, Poly(silylene), Mercuric Nitride, Mesityl Oxide, P-Nitrotoluene, Pentasilver Trihydroxydiaminophosphate, Perchlorates, Permanganates + Benzene, Phosphorus Isocyanate, Picrates, Potassium t-Butoxide, Potassium, 3-Propynol, Potassium Chlorate, beta-Propiolactone, Propylene Oxide, Pyridine, Ruybidium Acetylene Carbide and Sodium, Silver Permanganates, Silver Peroxochromate, Sodium, Sodium Carbonate, Sodium Tetrahydroborate, Sodium Thiocyanate, Sucrose, Tetramethylbenzenes, 1,2,4,5-Tetrazine, Thallium (I) azidodithiocarbonate, 1,3,5-Trinitrohexahydro-1,3,5-triazine, Water, and Zinc Iodide. Carbonates, sulfides, sulphites, carbides, chlorates.

**Hazardous Decomposition Products:** Oxides of Sulphur.

**Hazardous Polymerization:** Has not been reported.

**Reaction Product(s):** Hydrogen is generated by the action of the acid on most metals.

## SECTION 11 – Toxicological Information

**RETECS:** CAS# 7664-93-9: WS5600000.

**LD50/LC50:** CAS# 7664-93-9 Inhalation, mouse: LC50 = 320 mg/m<sup>3</sup>/2H. Inhalation, rat: LC50 = 51- mg/m<sup>3</sup>/2H. Oral, rat: LD50 = 2140 mg/kg.

**Carcinogenicity:** CAS# 7664-93-9: Not listed.

**California:** Not listed.

**NIOSH:** Not listed.

**NTP:** Not listed.

**OSHA:** Select carcinogen.

**IARC:** Group 1 carcinogen.

**Epidemiology:** Workers exposed to industrial sulfuric acid mist showed a statistical increase in laryngeal, nasal, sinus and lung cancer. These data suggests a possible relationship between carcinogenesis and inhalation of sulfuric acid mist.

**Teratogenicity:** No information available.

**Reproductive:** No information available.

**Mutagenicity:** No information available.

**Neurotoxicity:** No information available.

## SECTION 12 – Ecological Information

**Ecotoxicity:** Sulphuric acid is harmful to aquatic life in very low concentrations. It may be dangerous if it enters water intakes. The aquatic toxicity for bluegill in fresh water was 24.5 ppm/24 hr, which was lethal.

**Environmental:** No information available.

**Physical:** No information available.

**Other:** No information available.

## SECTION 13 – Disposal Considerations

**Dispose of in a manner consistent with federal, provincial/state/territorial, and local regulations.**

**RCRA D-Maximum Concentration of Contaminants:** None of the components are on this list.

**RCRA D Series – Chronic Toxicity Reference Levels:** None of the components are on this list.

**RCRA F Series Wastes:** None of the components are on this list.

**RCRA P Series Wastes:** None of the components are on this list.

**RCRA U Series Wastes:** None of the components are on this list.

**RCRA Substances Banned from Land Disposal:** None of the components are on this list.

## SECTION 14 – Transport Information

**Proper Shipping Name:** SULPHURIC ACID

**Hazard Class:** 8 UN Number: UN1830

**Packing Group:** II

## SECTION 15 – Regulatory Information

**US Federal**

**TSCA:** CAS# 7664-93-9 is listed on the TSCA Inventory.

**Health and Safety Reporting List:** None of the components are on this list.

**Clean Air Act – Hazardous Air Pollutants (HAPs):** None of the components are on this list.

**Clean Air Act – Class 1 Ozone Depleters:** None of the

**CERCLA Reportable Quantities (RQ):** CAS# 7664-93-9: final RQ = 1000 pounds (454 kg).

**SARA Threshold Planning Quantities (TPQ):** CAS# 7664-93-9: TPQ = 1000 pounds

**SARA Hazard Categories:** CAS# 7664-93-9: acute, chronic, reactive.

**SARA Section 313:** This material contains Sulphuric acid (CAS# 7664-93-9, 95-98%), which is subject to the reporting requirements of Section 313 of SARA Title III and 40 CFR Part 373.

#### US State

**State Right to Know:** Sulphuric acid can be found on the following state Right-to-Know lists: New Jersey, Florida, Pennsylvania, Minnesota, Massachusetts.

**California Prop 65:** No information available.

**California No Significant Risk Level:** No information available.

#### European/International Regulations

**European Labelling in Accordance with EC Directives:**

**Hazard Symbols:** Xi

**Risk Phrases:** R 36/38 irritating to eyes and skin.

**Safety Phrases:** S 2 Keep out of reach of children.

S26 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice.

S30 Never add water to this product.

**WGK (Water Danger/Protection):** No information available.

**Canadian DSL/NDSL:** CAS# 7664-93-9 is listed on Canada's DSL/NDSL List.

**Canadian WHMIS Classification:** This product has a WHMIS classification of C, D1A, E.

**Canada Ingredient Disclosure List:** CAS# 7664-93-9 is listed on Canada's Ingredient Disclosure List.

#### Exposure Limits:

CAS# 7664-93-9: OEL-ARAB Republic of Egypt: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-AUSTRALIA: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-BELGIUM: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 3 mg/m<sup>3</sup>

OEL-CZECHOSLOVAKIA: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 2 mg/m<sup>3</sup>

OEL-DENMARK: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-FINLAND: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 3 mg/m<sup>3</sup>; Skin

OEL-FRANCE: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 3 mg/m<sup>3</sup>

OEL-GERMANY: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-HUNGARY: STEL 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-JAPAN: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-NETHERLANDS: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-THE PHILIPPINES: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

is listed as a Hazardous Substance under the CWA.

**Clean Water Act – Priority Pollutants:** None of the components are on this list.

**Clean Water Act – Toxic Pollutants:** None of the components are on this list.

**OSHA – Highly Hazardous:** None of the components are on this list.

OEL-POLAND: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-RUSSIA: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; Skin

OEL-SWEDEN: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 3 mg/m<sup>3</sup>

OEL-SWITZERLAND: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>; STEL 2 mg/m<sup>3</sup>

OEL-THAILAND: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-TURKEY: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL-UNITED KINGDOM: TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

OEL IN BULGARIA, COLOMBIA, JORDAN, KOREA check

ACGIH TLV

OEL IN NEW ZEALAND, SINGAPORE, VIETNAM check acci

tlv

OES-United Kingdom: TWA 1 mg/m<sup>3</sup> TWA

### SECTION 16 – Other Information

The statements contained herein are offered for informational purposes only and are based upon technical data. Seastar Chemicals Inc believes them to be accurate but does not purport to be all-inclusive. The above-stated product is intended for use only by persons having the necessary technical skills and facilities for handling the product at their discretion and risk. Since conditions and manner of use are outside our control, we (Seastar Chemicals Inc) make no warranty of merchantability or any such warranty, express or implied with respect to information and we assume no liability resulting from the above product or its use. Users should make their own investigations to determine suitability of information and product for their particular purposes.

## 5. Kenali Peralatan Keamanan

Anda harus mengetahui bagaimana cara menggunakan alat keamanan. Mengingat anda atau orang lain akan membutuhkannya, maka ketahuilah lokasi dari peralatan keamanan seperti selimut api, pemadam kebakaran, pencuci mata, kamar mandi keselamatan dan pintu darurat.



Gambar 1.5  
Selimut Api



Gambar 1.6  
Pemadam Kebakaran



Gambar 1.7  
Pencuci Mata



Gambar 1.8  
Sower Keselamatan



Gambar 1.9  
Pintu Darurat

## 6. Dilarang Menghirup Asap atau Uap

Jangan pernah menghirup asap atau uap. Untuk beberapa bahan kimia, jika anda menghirupnya kemudian diluar dosis dapat membahayakan anda. Jika informasi keamanan bahwa bahan kimia tersebut hanya boleh dikerjakan dalam lemari asam, maka jangan kerjakan di tempat lain. Gunakan tangan untuk menghembuskan bau ke hidung Anda.

## 7. Dilarang Mencicipi Bahan Kimia

Jangan pernah mencicipi bahan kimia apapun. Beberapa bahan kimia sangat korosif dan beracun dalam jumlah yang sangat kecil sekalipun.

## **8. Dilarang Membuang Limbah Bahan Kimia pada Saluran Wastafel**

Beberapa bahan kimia dapat dicuci pada wastafel (bak cuci) dan dialirkan melalui pipa saluran dengan air sebanyak-banyaknya, sedangkan ada juga yang memerlukan metode pembuangan yang berbeda. Jika bahan kimia bisa dialirkan atau dibuang pada wastafel, pastikan pencuciannya agar terhindar dari resiko reaksi yang tidak terduga antar sisa bahan kimia tersebut.

## **9. Dilarang Makan dan Minum di Laboratorium**

Makanan dan minuman dapat menarik atau mengikat bahan kimia beracun.

## **10. Dilarang Melakukan Eksperimen Sembarangan atau Terlarang.**

Jangan pernah melakukan eksperimen yang tidak dianjurkan dan jangan pernah kerja di laboratorium tanpa pembimbing atau instruktur. Kadang-kadang sebuah kecelakaan terjadi ketika mencampurkan bahan kimia dengan sederhana.

Jangan mencampur bahan kimia sembarangan! Perhatikan petunjuk untuk menentukan yang mana bahan kimia yang akan dicampur dengan bahan yang mana dan jangan menyimpang dari perintah. Bahkan bahan-bahan kimia yang akan dicampur untuk menghasilkan produk pun harus ditangani dengan hati-hati. Misalnya, HCl dan NaOH akan menghasilkan air garam, tetapi reaksi dapat bisa memecahkan gelas dan memercikkan reaktan kepada anda jika anda tidak melakukannya dengan hati-hati.

## **11. Tidak Boleh Mengembalikan Reagen ke dalam Botol atau Wadah.**

Apabila suatu reagen telah melewati mulut wadah, maka reagen tersebut telah melewati batas dimana tidak boleh

dikembalikan. Biasakan selalu mengambil bahan kimia sedikit mungkin. Gunakan spatula yang bersih dan kering untuk memindahkan bahan kimia dari dalam Botol. Buang kelebihan bahan kimia dengan cara yang benar.

**12. Simpan Bahan Kimia pada Tempat yang Tepat.**

Jangan membawa wadah asli bahan kimia ke atas meja kerja anda.

**13. Dilarang Menyentuh Benda Panas.**

Luka bakar adalah kecelakaan yang umum terjadi di laboratorium kimia. Oleh karena itu hati-hati ketika menggunakan *hot plat* dan benda atau wadah yang dipanaskan padanya. Gunakan penjepit untuk memindahkan wadah yang dipanaskan dari *hot plat* atau pemanas.

**14. Membilas Tumpahan di Kulit dengan Sesegera Mungkin.**

Bilas tumpahan bahan kimia jika mengenai kulit sesegera mungkin dengan air sebanyak mungkin.

**15. Ambil Data Pada Waktu di Lab**

Lebih baik dapatkan data secara langsung dari buku laboratorium anda dari pada sumber yang lain (misalnya, buku catatan atau rekanan Lab). Banyak alasan ini dilakukan, yang paling praktis adalah data dalam buku laboratorium jarang menyimpang dan kebenarannya tinggi. Untuk beberapa percobaan mungkin sangat membantu mengambil data di selain buku lab. Bukan untuk menjiplak, tetapi menjadi pegangan untuk memperhitungkan data yang mungkin dari prosedur lab.

## **B. MENGENAL SIMBOL-SIMBOL KESELAMATAN**

Laboratorium IPA, khususnya laboratorium kimia, memiliki banyak simbol-simbol keselamatan atau keamanan. Untuk

keselamatan kerja di laboratorium maka anda harus mengenal dan memahami fungsi berbagai simbol-simbol yang umum di laboratorium. Berikut adalah contoh simbol-simbol yang umum digunakan di laboratorium Kimia<sup>4</sup>:



Simbol pencuci mata.



Simbol Sower keselamatan.



Simbol pertolongan pertama.



Simbol Defibrillator atau AED.



Simbol selimut api.



Simbol bahaya Biologi.



Simbol bahaya Radioaktif .



Simbol radiasi pengion.



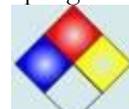
Simbol senjata nuklir



Simbol senjata biologi



Simbol senjata kimia.



Simbol bahan kimia berbahaya



Simbol peringatan radiasi laser



Simbol bahaya listrik



Simbol zat beracun.



Simbol peringatan tegangan tinggi



Simbol bahan kimia berbahaya.



Simbol zat mudah terbakar.



Simbol bahan peledak.



Simbol bahaya zat pengoksidasi.

<sup>4</sup> Anne Marie Helmenstine, *Chemistry Expert*. <http://chemistry.about.com>.



Simbol bahaya korosif.



Simbol bahaya lingkungan.



Simbol perlu pelindung pernapasan.



Simbol perlu Sarung tangan.



Simbol perlu pelindung wajah.



Simbol harus menggunakan baju pelindung.



Simbol harus menggunakan sepatu.



Simbol harus menggunakan pelindung mata.



Simbol perlu perlindungan telinga.



Simbol alat pemadam kebakaran.



Simbol selang kebakaran.



Simbol gas mudah terbakar.



Simbol gas tidak mudah terbakar.



Simbol Larangan



Simbol air tidak boleh diminum.



Simbol larangan menyentuh.



Simbol larangan menyalakan api.



Simbol larangan makan dan minum.



Simbol larangan masuk.



Simbol material reaktif



Simbol bahaya karsinogen dan mutagen



Simbol peringatan suhu rendah.



Symbol permukaan panas



Simbol adanya medan magnet.



Gambar 1.10  
Kumpulan Simbol-Simbol Keselamatan

## Rangkuman

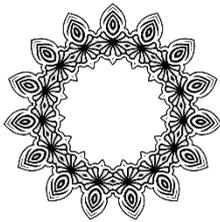
Laboratorium kimia bisa menjadi tempat atau ruang kerja yang sangat berbahaya, namun dengan tindakan pencegahan yang terampil dan pemahaman teknik penanganan yang tepat dapat menjadikan laboratorium kimia tidak lebih berbahaya dari pada ruang kelas.

Pencegahan yang terampil adalah melakukan kerja sesuai aturan dan prosedur yang berlaku, mengerjakan bahan dengan teknik yang tepat sesuai tingkat keamanannya, serta memilih dan menggunakan alat pelindung yang tepat. Sedang pemahaman teknik penanganan yang tepat adalah mengetahui teknik atau cara mengerjakan, memperlakukan, dan tepat penggunaan serta resiko

dari bahan yang sedang dan akan dikerjakan, memahami fungsi dan lokasi dari setiap alat pelindung keamanan, dan mengetahui makna dari simbol-simbol dalam laboratorium.

### **Latihan**

1. Jelaskan mengapa makan dan minum tidak diperbolehkan di dalam ruang laboratorium?
2. Mengapa tidak boleh mengembalikan reagen ke dalam botol simpan atau induk?
3. Jelaskan mengapa kita lebih baik mengambil data langsung dari buku laboratorium!
4. Mengapa mengenal simbol-simbol laboratorium kimia sangat penting untuk keselamatan kerja? Berikan 3 contoh dan jelaskan fungsinya!



Halaman Sengaja Dikosongkan



# BAB II

## KETERAMPILAN DASAR LABORATORIUM

---

### A. TEKNIK MENGUKUR

#### 1. Ketelitian dan Signifikansi Pengukuran

Pengukuran merupakan salah satu kunci dalam proses kimia, oleh karena itu sangat penting untuk memahami teknik dan keterbatasannya. Kadang-kadang pengukuran disebut juga sebagai jumlah yang tepat. Misalnya, jika anda memiliki satu kantong jeruk, anda dapat menghitung jumlahnya dan anda dapat nyatakan bahwa kantong tersebut berisi tepat delapan buah jeruk. Tapi kebanyakan pengukuran bersifat eksak. Misalnya, meskipun label pada kantong beras menyatakan bahwa kantong tersebut berisi dua kilogram beras, tetapi ini hanya perkiraan massa. Nilai tersebut sangat tergantung pada tingkat ketelitian dari skala yang digunakan untuk menimbang beras. Kantong yang lain mungkin berisi 1,999 kg, 1,99 kg, atau 1,9 kg beras, atau mungkin juga berisi lebih banyak misalnya 2,001 kg, 2,01 kg, atau 2,1 kg beras. Ketidakpastian seperti ini sering terjadi pada saat melakukan pengukuran di Laboratorium Kimia<sup>5</sup>.

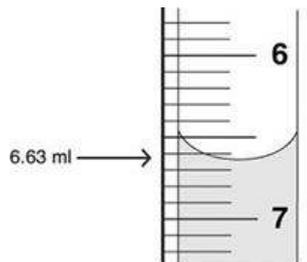
Tingkat ketidakpastian hasil pengukuran tergantung pada resolusi atau ketelitian alat ukur dan tingkat keterampilan dalam melakukan pengukuran. Misalnya, jika anda menggunakan penggaris dengan skala sentimeter (cm) untuk mengukur sepotong kayu, dan diperoleh panjang kayu tersebut antara 2 cm dan 3 cm. Karena kemampuan penggaris dalam sentimeter, sehingga yang paling bisa anda nyatakan dengan pasti adalah kayu tersebut lebih panjang dari 2 cm dan

---

<sup>5</sup> Robert Bruce Thompson, 69.

lebih pendek dari 3 cm, karena kedua nilai tersebut diketahui sebagai nilai antara yang terbaca dari pengukuran panjang kayu.

Jika kasusnya seperti tersebut di atas, maka anda dapat melakukan estimasi terhadap panjang kayu tersebut dengan menggunakan beberapa nilai yang paling mungkin diantara nilai yang diketahui. Misalnya, jika panjang akhir kayu lebih dari 2 cm dan hampir mendekati namun tidak sampai setengah dari tanda 2 cm dan 3 cm, maka anda dapat interpolasi panjang kawat tersebut menjadi 2,4 cm. Nilai ini memiliki dua angka penting, yang terdiri dari nilai yang diketahui dan nilai perkiraan (interpolasi) yang ditambahkan. Contoh lain, Gambar 2.1 menunjukkan buret memiliki tingkat ketelitian sampai 0,1 mL, tetapi nilainya memungkinkan diinterpolasi sampai kira-kira 0,01 mL. Misalnya, hasil pengamatan menunjukkan lebih dari 6,6 mL dan kurang dari 6,7 mL, artinya bahwa volume terukur berada diantara 6,6 mL dan 6,7 mL. Anda dapat interpolasi hasil pengukuran ini menjadi 6,63 mL<sup>6</sup>.



Gambar 2.1  
Estimasi pengukuran volume menggunakan buret

Kembali kepada alat ukur panjang kayu, jika anda menggunakan mistar dengan skala millimeter (mm), maka anda akan mendapatkan nilai yang lebih teliti untuk

---

<sup>6</sup> Ibid. 69.

menyatakan panjang kayu. Misalnya, jika panjang kayu melewati 24 mm tetapi tidak sampai 25 mm, maka anda dapat memastikan bahwa panjang kayu tersebut berada diantara 24 mm dan 25 mm. Panjang kayu tersebut melebihi setengah dari 24 mm namun tidak sampai 25 mm. Dengan interpolasi, anda dapat mengestimasi bahwa panjang kayu tersebut adalah 24,8 mm. Nilai tersebut memiliki tiga angka penting, yaitu dua angka diketahui dan satu angka hasil interpolasi. Jadi, dengan menggunakan alat yang lebih baik, anda meningkatkan akurasi pengukuran anda dengan faktor sepuluh<sup>7</sup>.

Apabila anda menggunakan jangka sorong dengan tingkat ketelitian atau skala 0,1 mm, anda dapat memperoleh nilai yang lebih akurat lagi tentang panjang kayu tersebut. Misalnya, pada waktu pengukuran anda memperoleh panjang kayu diantara tanda 24,8 mm dan 24,9 mm. Sekali lagi, anda dapat menambahkan 1 angka penting lagi dengan melakukan interpolasi dan estimasi terhadap panjang kayu, misalnya panjang kayu menjadi 24,84 mm, nilai ini memiliki empat angka penting, tiga angka yang diketahui dan satu angka perkiraan. Dari hasil ini, sekarang anda tahu bahwa panjang kayu jauh lebih akurat dari sebelumnya, namun anda masih tidak mengetahui panjang kawat yang tepat. Anda dapat terus menggunakan instrumen pengukuran yang lebih baik, namun untuk diketahui bahwa menggunakan instrumen yang terbaikpun masih dapat memberikan perkiraan panjang kayu. Suatu perkiraan yang lebih baik, lebih jelas, merupakan pendekatan umum untuk mengukur kualitas hasil pengukuran, yang ditentukan oleh jumlah angka penting.

Setiap perhitungan yang menggunakan data pengukuran, harus membuat perkiraan (ketidakpastian) sebagai angka penting dalam laporan pengukuran. Apa bila anda melakukan perhitungan dengan menggunakan alat ukur

---

<sup>7</sup> ibid

lebih dari satu alat ukur, tingkat akurasi alat ukur yang digunakan menentukan tingkat ketelitian hasil pengukuran. Misalnya, anda ingin menentukan kecepatan rata-rata pelari pada waktu latihan dengan jarak 1 km. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, anda dapat menggunakan laser pendeteksi jarak dengan akurasi sampai 1 m terhadap titik start dan garis finis, dan akurasi *stopwatch* yang digunakan sampai 0,01 detik. Akurasi alat ukur tersebut tinggi, dan hasil yang akan diperoleh sesuai dengan jumlah angka penting. Berbeda dengan cara konvensional, misalnya anda mengukur panjang jalan dengan *speedometer*, anda hanya akan mengetahui *distance* sampai 0,1 km (yang mana dapat diinterpolasi sampai satu angka penting lagi), sehingga walaupun menggunakan *stopwatch* paling akuratpun tidak dapat meningkatkan akurasi hasil pengukuran anda<sup>8</sup>.

Poin penting lainnya yang perlu dipahami adalah masalah keterbatasan operasi matematika. Operasi matematika tidak dapat meningkatkan akurasi. Jika anda menambahkan, mengurangi, mengalikan, atau membagi nilai, maka jumlah angka penting yang diperoleh tidak sama dengan nilai atau bilangan yang dikalikan tersebut. Misalnya, jika anda mengalikan 2,05 dengan 1,21, secara matematika menghasilkan 2,4805, tetapi hasil ini mengabaikan angka penting. Masing-masing dari kedua nilai asal (2,05 dan 1,21) diketahui memiliki tiga angka penting, oleh karena itu, hasilnya tidak boleh lebih dari tiga angka penting. Dengan demikian maka hasil dari perkalian tersebut seharusnya 2,48 (tiga angka penting). Begitu juga jika anda mengalikan nilai 3,0 dengan 1,17, secara matematika menghasilkan 3,51. Akan tetapi karena salah satu dari nilai awal (3,0) mempunyai hanya

---

<sup>8</sup> Ibid., 70

dua angka penting, maka anda harus menulis hasil tersebut dengan dua angka penting yaitu 3,5<sup>9</sup>.

## 2. Analogi Versus Digital

Interpolasi hanya dilakukan pada pengukuran manual, yang menggunakan instrumen di mana pembacaan datanya menggunakan analogi. Sedangkan instrumen atau alat yang menggunakan pembacaan digital hanya menampilkan nilai-nilai yang diketahui (yang terbaca) sehingga memberikan data yang tidak dapat diinterpolasikan. Misalnya, sebuah alat elektronik dengan skala sentigram memberikan pembacaan 0,01 g. Data tersebut tidak memberikan informasi tambahan yang dapat digunakan untuk melakukan interpolasi. Sebaliknya alat manual dengan skala sentigram misalnya memberikan nilai sebesar 0,01 g. Dari data hasil pengukuran secara manual tersebut memungkinkan kita dapat melakukan interpolasi sampai satuan miligram<sup>10</sup>.

## 3. Angka Penting di Dunia Nyata

Angka penting merupakan suatu cara untuk memberikan kode dari dua bagian informasi yang terpisah (yaitu nilai yang diketahui dan nilai perkiraan) menjadi satu angka, yang kadang-kadang ambigu. Beberapa buku teks kimia menyajikan tentang angka penting, tetapi sebagian besar ilmuwan bekerja menggunakan pendekatan lain selain angka penting. Mereka menggunakan dua bilangan terpisah untuk menyatakan dua nilai, misalnya dalam bentuk  $123,456 \pm 0,078$  atau  $123,456 (78)$ , di mana  $123,456$  adalah nilai nominal dan  $0,078$  atau  $(78)$  adalah nilai perkiraan (ketidakpastian). Misalnya, jika suatu timbangan menunjukkan massa sampel adalah 42,732 g, maka massa yang mungkin dicatat adalah

---

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> Ibid

42,732  $\pm$  0,005 atau 42,732 (5), mengindikasikan bahwa ketidakpastian terjadi pada desimal ketiga.

Pada kegiatan eksperimen dalam buku ini, sering diperintahkan seperti “masukkan 5 mL” dari suatu larutan atau “berat sekitar 5,1 g” padatan. Jadi, apa artinya sekitar 5 mL atau 5,1 g? kuncinya adalah tergantung pada jumlah angka pentingnya. Dalam kasus pertama, berapa saja lebihnya dari 4 mL dan kurangnya dari 6 mL dapat diterima, walaupun anda dapat mengambil yang paling rasional yaitu mendekati 5 mL. Sedangkan pada kasus kedua, berapapun diantara kisaran 5,0 g sampai 5,2 g dapat diterima, meskipun sebenarnya anda dapat mengambil sedekat mungkin dengan 5,1 g<sup>11</sup>.

Di laboratorium, seringkali anda berhasil mendapatkan ukuran volume dan massa tertentu tanpa kesulitan, namun penting untuk diketahui secara akurat. Misalnya, “berat sekitar 5 g NaOH diukur dan dicatat dengan akurasi 0,01 g” artinya anda bisa mendapatkan lebih atau kurang dari 5 g, tetapi tetap harus mencantumkan bahwa massa NaOH tersebut diukur dengan ketelitian 0,01 g.

## **B. TEKNIK PENANGANAN BAHAN KIMIA**

Selain keamanan, penanganan bahan kimia dengan tepat juga sangat penting, karena dapat menghindari kontaminasi bahan. Untuk meminimalkan resiko kontaminasi, gunakan panduan berikut<sup>12</sup>:

1. Simpan bahan kimia jauh dari tempat kerja, idealnya dalam lemari atau wadah penyimpanan tertutup.
2. Jangan simpan bahan kimia di dalam botol atau wadah tak berlabel. Karena beresiko tidak aman, terkontaminasi tinggi, dan juga membingungkan atau susah membedakan antara bahan kimia yang satu dengan lainnya.

---

<sup>11</sup> Ibid. 71

<sup>12</sup> Ibid.72.

3. Pada saat bekerja di laboratorium, hanya satu botol atau wadah bahan kimia yang boleh terbuka pada waktu yang sama.
4. Ukur dan pindahkan bahan kimia ke tempat lain yang lebih aman, jauhkan dari tempat eksperimen yang sedang berlangsung. Pemindahan ini dimaksudkan untuk menghindari insiden-insiden kecil yang mungkin terjadi sehingga mencemari atau mengotori semua isi botol.
5. Usahakan anda selalu membaca label minimal sebanyak dua kali sebelum anda membuka botol. Pastikan bahwa anda menggunakan bahan kimia yang anda perlukan.
6. Sebelum anda membuka botol, bersihkan terlebih dahulu bagian luar botol dari debu atau pengotor lainnya dengan menggunakan tisu atau kain lap.
7. Jangan kembalikan bahan kimia yang tidak terpakai ke dalam botol, karena dapat menyebabkan isi botol tercemar kemurniannya oleh kontaminan atau pengotor lainnya. Mulailah mengambil bahan kimia dengan jumlah kecil atau yang diperlukan, sehingga memungkinkan anda dapat membuang sisa yang tidak terpakai.
8. Jangan letakkan tutup botol di atas meja, karena dapat terkontaminasi oleh adanya bahan kimia lain yang mungkin menempel pada tutup botol (inilah salah satu alasan sehingga hanya satu botol yang boleh terbuka pada waktu yang sama). Pegang botol beserta tutupnya dengan tangan yang sama. Caranya tergantung pada ukuran botol. Misalnya menjepit tutup botol diantara ibu jari dan telunjuk, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2 dan Gambar 2.3, atau diantara jari kelingking dan jari manis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Jika tutup dan botol terlalu besar untuk dipegang dengan satu tangan, maka tutup botol dapat dipegang dengan tangan yang lain. Jika benar-benar diperlukan, tempatkan tutup botol di atas permukaan yang bersih dengan posisi

bagian dalam menghadap ke atas, serta jauhkan dari tempat kerja anda.



Gambar 2.2  
Cara memegang botol dan tutupnya dengan satu tangan



Gambar 2.3  
Cara memindahkan zat kimia serbuk ke atas kertas



Gambar 2.4  
Cara mengambil zat kimia dengan pipet beral



Gambar 2.5  
Cara menuangkan larutan menggunakan batang pengaduk

9. Apabila memungkinkan, hindari kontak antara bahan kimia padat dalam botol dengan sendok, spatula, atau yang serupa. Biarkan serbuk kristal mengalir sendiri ke kertas timbang atau gelas arloji dengan cara memutar-mutar botol secara perlahan untuk mengeluarkan sebanyak yang diperlukan seperti Gambar 2.3. Hindari mulut botol kontak dengan kertas timbang atau objek lainnya.
10. Beberapa serbuk bahan kimia ada yang tidak bebas mengalir atau membentuk gumpalan. Dalam kasus ini, cara terbaik untuk menghindari kontaminasi adalah dengan menggunakan sendok sekali pakai. Sendok sekali pakai maksudnya adalah sendok yang dibuang setelah selesai digunakan. Gunakan sendok plastik, atau anda juga dapat memodifikasi pipet beral dengan mengiris diagonal pada bagian bolanya sehingga membentuk sendok, seperti Gambar 2.4.
11. Bahan kimia cair dapat diambil atau dipindahkan dengan menggunakan corong atau dengan menuangkan langsung dari

satu wadah ke wadah lain. Apabila anda memindahkan cairan secara langsung, hendaknya gunakan batang pengaduk bersih untuk mencegah terjadinya percikan atau tetesan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.

12. Untuk bahan kimia berbahaya, seperti asam pekat dan bahan kimia cair lainnya, utamakan keselamatan dari pada resiko kontaminasi. Daripada beresiko dengan cara menuangkan bahan kimia berbahaya tersebut, gunakan pipet volum atau pipet ukur bersih untuk mengambil cairan asam yang dibutuhkan. Tutup kembali botol dan transfer cairan dari pipet secara langsung ke wadah (wadah pengukuran, pencampuran, wadah penyimpanan, atau langsung ke bejana reaksi).
13. Setelah mengambil bahan kimia tersebut, segera tutup botol dan tempatkan kembali botol tersebut di tempat penyimpanan.
14. Jika ada bahan kimia yang telah terkontaminasi atau rusak, jangan disimpan atau digunakan. Hancurkan dan buang di tempat yang benar.

### **C. TEKNIK MENGGUNAKAN DAN MERAWAT TIMBANGAN**

Akurasi timbangan sangat penting untuk melakukan kerja ilmiah yang baik di laboratorium, oleh karena itu timbangan yang baik harus digunakan dan dirawat dengan baik jika ingin memperoleh hasil yang dapat dipercaya. Berikut ini adalah beberapa pedoman untuk menggunakan dan merawat timbangan<sup>13</sup>:

1. Biasakan selalu membaca dan mengikuti petunjuk yang diberikan oleh industri pembuatnya. Timbangan adalah alat

---

<sup>13</sup> Ibid., 73.

yang mudah rusak jika anda gunakan atau simpan dengan cara yang tidak benar.

2. Letakkan timbangan di tempat yang kering. Jauhkan timbangan dari bak cuci dan tempat-tempat lain yang mengandung air, walaupun anda menggunakannya untuk menimbang cairan sekalipun.
3. Ketahui kapasitas maksimum timbangan anda dan jangan bekerja melebihi kapasitas tersebut.
4. Tutup atau bungkus timbangan apabila telah selesai digunakan. Jika tutup atau pembungkusnya telah rusak, anda dapat menggunakan plastik atau kardus yang sesuai dengan ukurannya sebagai gantinya.
5. Kalibrasi timbangan secara berkala dengan cara menimbang massa yang diketahui. Beberapa timbangan biasanya dilengkapi dengan anak timbangan kalibrasi. Jika timbangan anda tidak dilengkapi dengan anak timbangan kalibrasi, beli satu set anak timbangan kalibrasi.



Gambar 2.6  
Timbangan dan anak timbangan kalibrasi

6. Jangan tempatkan sampel secara langsung pada panci atau piringan timbangan. Gunakan kertas timbangan untuk sampel kecil atau wadah lain untuk sampel yang lebih besar. Selain kertas timbangan, kertas lilin, tutup plastik atau wadah lain juga bisa digunakan sebagai wadah timbangan, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.7.



Gambar 2.7

Timbangan, wadah timbangan plastik, dan kertas

7. Jika memiliki timbangan elektronik, pelajari fungsi penggunaan tombol tare atau zero, yaitu tombol yang akan menampilkan angka 0,00 g pada layar. Misalnya, tempatkan wadah timbangan (gelas arloji, tutup botol, kertas timbangan) di atas timbangan dan pada saat mencapai keseimbangan terbaca 7,84 g. Tekan tombol tare/zero (kadang-kadang bersimbol 0,00, Z atau T) untuk menjadikan massa wadah terbaca 0,00 g, yang berarti bahwa jika anda tambahkan sampel pada wadah tersebut akan menyebabkan penambahan pada angka 0,00. Besarnya penambahan angka yang terbaca pada layar (diatas 0) tersebut merupakan massa dari sampel.



Gambar 2.8

Tombol Zero atau Tare neraca elektronik

#### D. TEKNIK MENGUKUR VOLUME CAIRAN

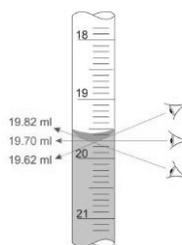
Cairan biasanya diukur dengan teknik volumetrik, yaitu menggunakan alat gelas untuk menyatakan ukuran volumenya. Secara umum, akurasi volumetrik berbanding terbalik dengan kapasitas atau ukuran gelas. Misalnya, gelas ukur 100 mL akurasiya memungkinkan mencapai  $\pm 1,0$  mL, dan gelas ukur 10

mL akurasinya mencapai  $\pm 0,1$  mL. Demikian juga, gelas volumetrik dengan ukuran kolomnya lebih kecil akurasinya lebih akurat dari pada yang ukuran kolomnya lebih besar. Misalnya, gelas kimia memiliki akurasi  $\pm 5\%$ , gelas ukur  $\pm 1\%$ , dan pipet  $\pm 0,1\%$ <sup>14</sup>.

Permukaan cairan dalam wadah tidak rata, karena adanya gaya tarik antara cairan dengan dinding wadah (gaya adhesi). Gaya tarik-menarik atau tolak-menolak ini menyebabkan permukaan cairan melengkung yang disebut meniskus. Apabila larutan dan dinding gelas saling tarik-menarik akan menyebabkan miniskus cekung, dimana pada pusat kolom (pusat permukaan) lebih rendah dari sisinya. Sedangkan apabila terjadi gaya tolak-menolak antara cairan dengan dinding gelas akan menyebabkan miniskus cembung. Misalnya, merkuri dan beberapa cairan lainnya ditolak oleh dinding kaca, sehingga permukaan cairan di bagian pusat kolom lebih tinggi dari pada dibagian sisi pinggirnya (miniskus cembung). Tetapi miniskus cembung jarang ditemukan di laboratorium.



Gambar 2.9  
Miniskus cekung (adhesi > kohesi) dan miniskus cembung (kohesi > adhesi)



Gambar 2.10  
Miniskus dan posisi mata pengamatan

Untuk akurasi pengukuran volume, anda harus memasukkan miniskus dalam perhitungan. Lakukan pengukuran dengan mensejajarkan miniskus dengan mata, kemudian catat angka atau ukuran pada bagian (bawah) pusat miniskus. Gambar 2.10

<sup>14</sup> Ibid., 74.

memperlihatkan posisi mata yang benar adalah posisi sejajar miniskus dengan angka pengamatan 19,70 mL. Alat plastik memiliki kelebihan untuk pengukuran volume, karena alat plastik tidak menarik atau menolak air atau larutan, oleh karena itu tidak ada miniskus yang akan menyulitkan pembacaan pengukuran.



Gambar 2.11

Contoh cairan dalam gelas ukur plastik tidak memiliki miniskus

Berikut beberapa prosedur pengukuran volume cairan menggunakan beberapa alat antara lain:

### 1. Mengukur Volume Cairan Menggunakan Labu Ukur

Menggunakan labu ukur untuk mengukur volume larutan memberikan hasil dengan akurasi yang sangat tinggi. Misalnya, labu ukur 100 mL akan memberikan volume hasil pengukuran persis (standar erornya kecil) 100 mL larutan, dan labu ukur 500 mL juga akan memberikan volume hasil pengukuran persis 500 mL larutan, dan seterusnya. Berikut ini langkah langkah-langkah membuat larutan dengan labu ukur<sup>15</sup>:

- 1) Isi labu ukur sampai sekitar  $\frac{3}{4}$  dengan akuades atau air deionisasi.
- 2) Timbang zat padat atau zat terlarut kemudian masukkan ke dalam labu ukur menggunakan corong. Pastikan semua zat tersebut masuk ke dalam labu. Getarkan kertas timbangan secara perlahan untuk memastikan tidak ada

---

<sup>15</sup> Ibid.,74-75.

zat terlarut yang menempel pada kertas. Bilas sisi corong dengan akuades sebanyak 2 atau 3 kali menggunakan botol semprot untuk memastikan tidak ada zat terlarut tertinggal pada corong.

- 3) Gunakan akuades yang ada pada botol semprot untuk mengisi labu sampai beberapa cm mendekati garis atau tanda batas pada leher labu.
- 4) Tutup labu kemudian goyangkan atau kocok labu sampai semua zat larut. Apabila zat terlarut sudah tampak larut sempurna, bolak-balikkan labu sampai beberapa kali agar larutan homogen. Tekniknya, telunjuk memegang tutup dan ketiga jari beserta ibu jari memegang leher labu, kemudian naik-turunkan pergelangan tangan. Setelah itu, diamkan beberapa saat sampai semua cairan di leher labu turun.



Gambar 2.12  
Cara memegang dan menggerakkan labu ukur

- 5) Bilas tutup labu dengan menghadap ke mulut labu agar cairan bilasan tersebut masuk ke dalam labu. Ini dilakukan untuk memastikan semua zat kimia yang nempel pada tutup labu tidak hilang.
- 6) Tambahkan akuades ke dalam labu dengan hati-hati, gunakan pipet tetes atau pipet beral untuk penambahan akhir sampai miniskus bawah tepat pada garis batas.
- 7) Tutup labu dan lagi bolak-balikkan beberapa kali sampai larutan bercampur sempurna (Gambar 2.12). Setelah itu

diamkan agar larutan turun, dan pastikan bahwa bagian bawah miniskus tepat pada garis batas.

- 8) Pindahkan larutan ke dalam botol penyimpanan atau wadah yang lain. Ingat berikan label pada botol atau wadah tersebut.

Beberapa bahan kimia seperti asam pekat dan basa kuat sangat eksotermik (menghasilkan panas) jika dilarutkan, kadang-kadang panas yang dihasilkan bisa menyebabkan labu ukur pecah. Oleh karena itu gunakan labu ukur yang tahan panas seperti labu ukur buatan *pyrex* atau gelas lain yang serupa.

Untuk akurasi atau ketelitian pengukuran larutan eksotermik tersebut, anda harus menunggu larutan dingin sampai suhu kamar, atau dapat juga anda membuat larutan dengan wadah terpisah kemudian memindahkannya secara kuantitatif ke dalam labu ukur. Misalnya anda dapat melarutkan zat terlarut tersebut dalam gelas kimia, kemudian mentransfernya setelah dingin ke dalam labu ukur dengan corong. Dalam hal ini anda harus membilas gelas kimia tersebut beberapa kali dan memasukkan bilasan tersebut kedalam labu untuk memastikan semua zat terlarut masuk kedalam labu ukur. Tambahkan akuades secara hati-hati, gunakan pipet tetes atau pipet beral pada penambahan akhir sampai tepat miniskus bawah menyentuh garis batas.

Labu ukur di laboratorium kadang-kadang dilengkapi dengan tutup plastik dan gelas. Jika anda memiliki labu ukur dengan tutup gelas, anda harus hati-hati menggunakannya. Jika anda tidak melumasi tutup gelas tersebut dengan baik, tutup tersebut dapat mengeras dan menyatu dengan mulut labu, sehingga labu tidak dapat digunakan lagi. Hal ini memungkinkan terjadi apabila anda membuat larutan NaOH pekat, KOH, atau basa kuat lainnya yang dapat menggores gelas. Untuk menghindari terjadinya masalah tersebut,

gunakan sedikit pelumas silika (vaseline) untuk melumasi bagian tutup gelas yang kontak dengan mulut labu, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.13. Apabila anda telah selesai menggunakan labu ukur, bersihkan dan biarkan sampai kering. Simpan labu dalam keadaan terpisah dengan tutupnya.



Gambar 2.13  
Melumasi tutup labu ukur dengan Vaseline

## 2. Mengukur Volume Cairan Menggunakan Pipet

Pipet Mohr disebut juga *serological pipette* atau pipet ukur, memiliki derajat ukuran (*graduations*) yang dapat digunakan untuk mengukur dan mengambil cairan dalam jumlah kecil secara akurat. Misalnya, pipet Mohr 1 mL memiliki ketelitian 0,01 mL dan dapat diinterpolasikan sampai 0,001 mL, dan pipet Mohr 10 mL memiliki ketelitian 0,1 mL dan dapat diinterpolasikan sampai 0,01 mL. Jadi pipet sangat diperlukan untuk mengukur cairan dalam jumlah kecil secara akurat.

Berikut ini adalah langkah-langkah mentransfer sejumlah cairan yang diukur secara akurat dengan menggunakan pipet Mohr<sup>16</sup>:

- 1) Sediakan secukupnya cairan yang akan diukur pada gelas kimia. Jangan memipet langsung dari dalam botol reagen karena berisiko mencemari semua larutan dalam botol.
- 2) Gunakan pipet filler untuk menarik sedikit cairan ke dalam pipet, gunakan cairan tersebut untuk membilas bagian dalam pipet. Buang cairan bilasan tersebut ke wadah penampung limbah yang disediakan.

---

<sup>16</sup> Ibid., 75.

- 3) Gunakan pipet filler untuk menarik cairan dari wadah sampai miniskus bawah tepat pada garis indeks atau garis batas. Untuk jenis pipet filler seperti pada Gambar 2.14, tekan **S** untuk menarik larutan ke dalam pipet.
- 4) Lap bagian luar pipet dengan tissue atau bilas dengan akuades di wastapel atau pada penampungan limbah. Pastikan bahwa sudah tidak ada dan tidak terjadi tetesan pada ujung pipet.



Gambar 2.14  
Cara menggunakan pipet filler

- 5) Kurangi tekanan dengan cara menekan tombol **E** agar cairan turun ke dalam wadah penampung limbah, lakukan secara perlahan sampai pas pada indeks 0,00 mL. Pada waktu membaca, pastikan miniskus sejajar dengan mata anda.

### 3. Teknik Menggunakan Pipet *Filler Spectroline*

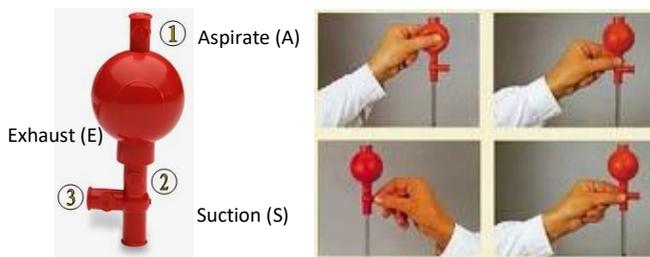
Salah satu pipet filler yang umum digunakan di laboratorium adalah pipet *Filler Spectroline*. Berikut tahapan prosedur menggunakan *filler Spectroline*<sup>17</sup>:

- 1) Periksa pipet *filler Spectroline* dan pastikan posisi katup-katup yang ditandai “**A**,” “**S**,” dan “**E**”.

---

<sup>17</sup> Bettelheim & Landesberg “*Laboratory Experiments For General, Organic, Biochemistry*” Brooks Cole; 8 edition (January 1, 2012)

- 2) Katup-katup tersebut dioperasikan dengan cara menekan pada bagian permukaan yang datar dengan telunjuk dan ibu jari.
- 3) Tekan bola menggunakan satu tangan sambil anda menekan katup “A” dengan jari tangan yang lain sampai bola kempes karena mengeluarkan udara. Lepaskan katup “A” lebih dulu baru kemudian melepaskan tekanan pada bola.



Gambar 2.15  
Bagian-bagian pipet Filler <sup>18</sup>

- 4) Masukkan ujung atas pipet kedalam pipet Filler secukupnya (Gambar 2.15) sampai mudah untuk dikeluarkan kembali, jangan dipaksa.
- 5) Masukkan ujung pipet ke dalam cairan yang akan dipipet. Pastikan bahwa ujung pipet selalu berada dibawah permukaan cairan setiap saat.
- 6) Tekan katup “S” dengan jari dan telunjuk. Cairan akan ditarik kedalam pipet. Cairan yang masuk dapat dikendalikan dengan memvariasikan atau mengatur tekanan yang diberikan oleh jari. Biarkan cairan masuk

---

<sup>18</sup> <http://belajarlabkimia.blogspot.com/2015/09,>  
<http://2.bp.blogspot.com>

sampai sedikit di atas tanda goresan pada batang pipet. Lepaskan katup dan cairan tetap berada di dalam pipet.

- 7) Pindahkan pipet dari cairan. Tarik ujung pipet dengan perlahan di sepanjang dinding gelas kimia untuk membuang kelebihan cairan.
- 8) Sesuaikan tingkat miniskus cairan dengan cara menekan pelan-pelan katup “E”. Turunkan cairan sampai cekungan miniskus menyentuh goresan tanda batas. Tarik pipet dengan menyentuhkan ujung pipet sepanjang dinding gelas kimia untuk membuang kelebihan cairan.
- 9) Keluarkan cairan dari pipet kedalam wadah penampung dengan menekan katup “E”. Hilangkan beberapa tetes yang berada pada ujung luar pipet dengan cara menyentuhkan ujung pipet pada dinding bagian dalam wadah penampung. Biarkan cairan yang tersisa pada ujung bagian dalam pipet. Pipet tersebut dikalibrasi dengan keadaan cairan tersisa seperti ini.

## **E. TEKNIK KALIBRASI LABU UKUR**

Untuk mengetahui akurasi dari suatu instrumen, misalnya labu ukur, maka harus lakukan kalibrasi secara berkala. Salah satu cara sederhana melakukan kalibrasi labu ukur adalah dengan menggunakan timbangan dan thermometer, namun cara ini menjadi sulit dilakukan jika ukuran labu cukup besar. Misalnya, labu ukur 100 mL akurasi hanya sampai  $\pm 0,5$  mL. Jika massa labu ukur ketika diisi dengan air kurang dari kapasitas maksimum timbangan, maka anda dapat mengkalibrasi kapasitas volum labu dengan massa. Kalibrasi dengan cara ini menggunakan akuades yang diketahui berat jenisnya pada temperatur tertentu, seperti yang tercantum pada Tabel 2.1<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Bettelheim & Landesberg, 76

Kalibrasi dapat anda lakukan dengan cara: tempatkan labu kosong (tampa tutup) di atas timbangan, setelah mencapai keseimbangan, tekan tombol tare/zero untuk menampilkan angka 0,00 g pada layar timbangan. Isi labu dengan akuades (lakukan di luar timbangan) sampai beberapa mm di bawah garis tanda pada leher labu, kemudian pindahkan lagi labu ke atas timbangan. Tambahkan akuades dengan cara tetesan sampai miniskus bawah tepat menyentuk garis tanda, dan kemudian catat massa akuades. (dapat juga dilakukan pengisian akuades dengan posisi labu tetap di atas timbangan, tetapi harus dilakukan dengan sangat hati-hati).

Sebagai contoh, jika anda kalibrasi labu ukur 100 mL pada suhu 20 °C, dan massa 100 mL air pada suhu tersebut 99,82 g. Massa terukur air bisa saja berbeda dengan massa tersebut, terutama jika anda menggunakan labu ukur *student-grade*<sup>20</sup>. Anda dapat menghitung kapasitas volume sebenarnya labu tersebut dengan persamaan:

$$\text{Kapasitas labu (mL)} = \frac{\text{massa terukur air dalam labu}}{\text{berat jenis air}}$$

Misalnya, jika diketahui massa nyata air (masa terukur) adalah 100,08 g, dan berat jenis air 0,9982071 g/mL, maka:

$$\text{Kapasitas labu (mL)} = \frac{100,08 \text{ g}}{0,9982071 \text{ g/mL}} = 100,26 \text{ mL}$$

jadi kapasitas nyata labu sekitar 100.26 mL. Catat kapasitas sebenarnya agar diketahui bahwa penggunaan labu tersebut melebihi 100,00 mL, sehingga apabila digunakan untuk membuat larutan dapat diketahui konsentrasinya.

---

<sup>20</sup> ibid

Tabel 2.1  
Berat Jenis Akuades pada Berbagai Temperatur

Temperatur (°C)	Berat jenis (g/mL)
15	0,9991026
16	0,9989460
17	0,9987779
18	0,9985986
19	0,9984082
20	0,9982071
21	0,9979955
22	0,9977735
23	0,9975415
24	0,9972995
25	0,9970479

## F. PIPET MOHR *VERSUS* PIPET VOLUM

Pipet Mohr mempunyai *grad* (skala ukuran) yang sempurna, dan dapat digunakan untuk mengukur berbagai volume sesuai keperluan sampai kapasitas maksimumnya. Sedangkan pipet volum dicirikan dengan tonjolan di bagian tengah, yang berfungsi untuk menampung ukuran tertentu cairan apabila diisi sampai garis tanda, seperti labu ukur namun pipet volum lebih akurat.

Ingat bahwa pipet mohr yang dikalibrasi adalah jumlah yang ditransferkannya, sedangkan pipet volum yang dikalibrasi adalah isinya (kandungannya). Untuk pipet TD (*to Deliver*) seperti pipet Mohr, tetesan terakhir tidak termasuk dalam pengukuran volume, dan biasanya tersisa pada ujung pipet. Sedangkan pada pipet TC (*to Contain*) misalnya seperti pipet volum, yang disebut juga *blow-*

*out pipette*, tetesan terakhir termasuk dalam ukurang volume, dan harus ditranfer ke dalam wadah<sup>21</sup>.



Gambar 2.16  
Pipet Volum dan Pipet Mohr

## G. TEKNIK KALIBRASI PIPET BERAL

Pipet Beral merupakan pipet plastik sekali pakai. Pipet ini mempunyai banyak kegunaan di laboratorium. Pipet Beral cukup akurat sebagai pengganti pipet Mohr apabila untuk mengukur cairan dalam jumlah kecil.

Kelebihan pipet Beral adalah sangat konsisten dan ukuran tetesannya dapat berulang dengan tepat. Misalnya, pipet Beral konsisten menghasilkan 40 tetesan per mL, dimana volume satu tetes dari pipet tersebut adalah 0,025 mL. Jadi jika anda membutuhkan kira-kira 0,50 mL larutan, anda hanya memerlukan 20 tetes dengan menggunakan pipet Beral<sup>22</sup>.

Anda dapat mengkalibrasi pipet Beral dengan metode yang sama dengan metode kalibrasi labu ukur, yaitu menggunakan timbangan. Metode ini dapat dilakukan dengan cara: tempatkan gelas kimia kecil atau wadah lainnya di atas piringan timbangan, tekan tombol *tare* untuk menge-nolkan timbangan sampai terbaca 0,00 g. Isi penuh pipet Beral dengan akuades, kemudian hitung

---

<sup>21</sup> Ibid,76

<sup>22</sup> Ibid,77

jumlah tetesannya sampai habis semua (kecuali beberapa tetes terakhir dari pipet Beral) ke dalam gelas kimia. (pastikan tetesan konsisten). Pegang pipet secara vertikal. Jangan semprotkan pipet ke dalam gelas, tetapi biarkan masing-masing tetesan terbentuk secara perlahan dan jatuh oleh gaya gravitasinya sendiri.

Sebagai contoh, sebuah pipet Beral yang akan diuji mempunyai kapasitas 23 tetesan/mL. Misalnya anda mengeluarkan 75 tetesan akuades kemudian pipet dipindahkan. Dari timbangan menunjukkan bahwa 75 tetes tersebut massanya sebesar 3,26 g. Diketahui bahwa pada suhu kamar, berat jenis air 1,00 g/mL. Dengan demikian berarti 3,26 g akuades tersebut sebanding dengan 3,26 mL. Jadi 75 tetes tersebut jika dibagi dengan 3,26 mL diperoleh hasil sekitar 23,01 tetes/mL, hasil ini cukup dekat. Dengan demikian anda dapat menggunakan pipet Beral untuk memberikan atau mendapatkan cairan dalam jumlah yang sangat kecil<sup>23</sup>.



Gambar 2.17  
Kalibrasi Pipet Beral

Jumlah tetesan per mL tergantung pada viskositas cairan. Misalnya, jika anda melakukan kalibrasi dengan jumlah tetesan per mL menggunakan akuades, jumlah tersebut tidak berlaku untuk cairan yang lebih kental seperti minyak zaitun atau asam sulfat pekat, atau juga untuk cairan yang kurang kental seperti aseton

---

<sup>23</sup> Ibid

atau methanol. Untungnya, viskositas dari larutan encer yang biasanya digunakan di laboratorium tidak berbeda secara signifikan dengan viskositas air murni.

## H. TEKNIK MEMBERSIHKAN PIPET

Karena ukuran kolomnya sangat kecil membuat pipet sulit dibersihkan secara sempurna. Pipet dibersihkan dengan cara mengalirkan cairan pembersih secara berulang-ulang dengan cara menarik dan mendorong larutan pembersih sampai pipet bersih. Anda dapat melakukan cara ini dengan menggunakan pompa pipet atau pipet filler. Berikut langkah-langkah membersihkan pipet:<sup>24</sup>

1. Biasakan segera membersihkan pipet setelah digunakan, atau paling tidak bilas secara menyeluruh. Jika membiarkan pipet kering, zat terlarut bisa mengkristal pada sisi kolom pipet, yang menyebabkan sulit atau tidak mungkin untuk bisa dibersihkan secara sempurna.
2. Awali dengan membilas sisi luar dan sisi dalam pipet menggunakan air hangat.
3. Masukkan beberapa tetes cairan pencuci ke dalam gelas kimia, kemudian tambahkan air hangat ke dalam gelas tersebut.
4. Gunakan pompa pipet atau pipet filler untuk menarik air pencuci ke dalam pipet, dan lakukan secara berulang-ulang.
5. Bilas semua bagian pipet dengan air keran.
6. Siapkan akuades dalam gelas kimia, dan dengan menggunakan pompa pipet atau pipet filler tarik akuades ke dalam pipet, lakukan langkah ini beberapa kali.
7. Terakhir, gunakan pompa pipet atau pipet filler untuk meniup keluar air pada bilasan terakhir. Pipet yang sudah bersih kemudian disusun dalam rak dengan posisi berdiri, dan biarkan sampai kering.

---

<sup>24</sup> Ibid

## I. TEKNIK MENGGUNAKAN BURET

Buret biasanya digunakan untuk mentransfer larutan sambil mengukur volume yang ditransfer dengan akurasi tinggi. Walaupun kadang-kadang buret digunakan untuk mengukur dan mentransfer volume suatu larutan dengan nominal tetap (disebut *aliquots*), misalnya mentransfer masing-masing 5.0 mL larutan untuk beberapa gelas kimia, akan tetapi kalau fungsinya sekedar mentransfer mungkin lebih baik menggunakan pipet volum atau pipet Mohr<sup>25</sup>.

Sejauh ini buret paling banyak digunakan untuk titrasi, yaitu suatu prosedur dimana larutan yang diketahui konsentrasinya dengan akurat (disebut titran) dikeluarkan (diteteskan) oleh buret dan bereaksi dengan jumlah volume tertentu larutan yang tidak diketahui konsentrasinya (disebut analit). Dengan mengukur jumlah titran yang dikeluarkan oleh buret untuk menetralkan analit, anda dapat menentukan konsentrasi analit tersebut secara akurat.

Berikut ini adalah contoh cara yang benar menggunakan buret:<sup>26</sup>

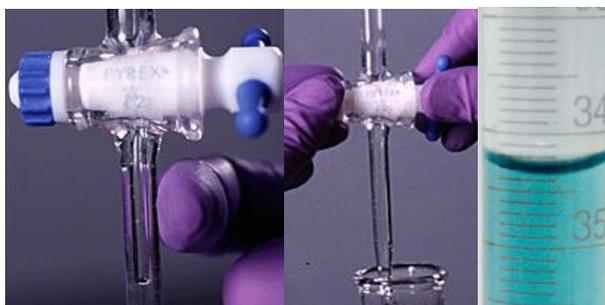
1. Bilas bagian dalam buret yang sudah bersih dengan menggunakan larutan yang akan digunakan untuk mengisi buret tersebut. Keluarkan larutan tersebut lewat keran sampai habis. Ulangi pembilasan paling kurang satu kali.
2. Pastikan bagian luar buret bersih dan kering. Pasang buret dengan posisi berdiri pada statif dengan menggunakan klem buret.
3. Isi buret sampai di atas tanda nol, menggunakan gelas ukur, gelas kimia kecil, atau wadah yang lainnya. Gunakan corong jika diperlukan untuk mencegah terjadinya tumpahan.

---

<sup>25</sup> Ibid,78

<sup>26</sup> ibid

4. Keluarkan larutan melalui keran secara perlahan sampai ujung buret terisi penuh, pastikan tidak ada rongga udara, lihat dan pastikan miniskus bawah larutan tepat berada pada tanda nol. (level larutan tidak mesti harus mulai dari tanda 0,00, boleh dimulai dari tanda berapa saja asalkan di catat).
5. Catat volume awal. Apabila anda telah selesai melakukan titrasi, anda harus mengurangi volume awal ini dengan volume akhir untuk menentukan jumlah larutan yang anda perlukan. Baca nilai tersebut dengan mensejajarkan mata dengan level larutan, kemudian baca pada bagian bawah miniskus, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.18 (pada gambar tersebut pembacaan sekitar 34,37 mL)



Gambar 2.18  
Membuang gas di ujung Buret dan cairan dalam Buret<sup>27</sup>

Apabila telah selesai melakukan titrasi, buang sisa larutan ke wadah penampung limbah dan lepaskan buret dari klem. Bilas semua bagian dalam buret dengan air biasa (air keran), keluarkan air bilasan tersebut lewat ujung buret. Jika buret menggunakan *pinciok*, lepaskan *pinciok* beserta pipa karet tersebut. Jika buret menggunakan keran gelas, lepaskan keran tersebut. Apa bila buret menggunakan keran teflon, lepaskan tegangan pada keran tersebut dan atau lepaskan keran tersebut (tergantung desainnya pada buret). Bilas buret, ujung, dan rakitan keran dengan air biasa dan

---

<sup>27</sup> ibid

terakhir bilas dengan akuades. Tempatkan di tempat yang aman sampai benar-benar kering.

## **J. TITIK AKHIR *VERSUS* TITIK EKUIVALEN**

Titik akhir titrasi adalah titik dimana titrasi selesai, umumnya ketika indikator seperti Phenolphthalein (pp) berubah warna. Titik akhir titrasi bisa juga ditentukan dengan metode yang lain, seperti konduktivitas analit mencapai minimum atau pH analit mencapai 7,00. Titik ekuivalen adalah berkaitan erat dengan titik akhir titrasi tetapi tidak harus identik. Titik ekuivalen adalah titik dimana jumlah mol (atau ekuivalen) titran persis sama dengan jumlah mol (atau ekuivalen) analit<sup>28</sup>.

Idealnya titik akhir titrasi sebenarnya harus sama dengan titik ekuivalen, tetapi pada kenyataannya terdapat sedikit perbedaan. Misalnya, anda mentitrasi larutan analit HCl dengan larutan titran NaOH, menggunakan indikator Phenolphthalein (PP). Phenolphthalein tidak berwarna dalam larutan asam, dan berwarna pink (merah muda) pada larutan basa, tetapi tidak terjadi perubahan warna sampai pH larutan mencapai 8,2, yang mana pH tersebut sudah masuk ke daerah basa.

Jika anda tidak memiliki Buret, anda dapat menggunakan salah satu metode berikut sesuai dengan keperluan dan akurasi yang diinginkan.

### **a. Melakukan Titrasi Menggunakan Gelas Ukur**

Jika anda hanya mempunyai alat gelas volumetrik seperti gelas ukur, anda dapat menggunakannya untuk titrasi dengan akurasi sedang. Berikut prosedur melakukan titrasi dengan menggunakan gelas ukur:<sup>29</sup>

- 1) Jika memungkinkan, hitung jumlah perkiraan titran yang anda perlukan untuk melakukan titrasi.

---

<sup>28</sup> Ibid

<sup>29</sup> Ibid,79

- 2) Isi gelas ukur dengan titran sampai mendekati tanda batas paling atas. Gunakan pipet tetes atau pipet Beral untuk menambahkan beberapa tetes titran sampai tepat pada tanda batas maksimum (tanda paling atas pada gelas ukur).
- 3) Gunakan pipet beral untuk mengambil sekitar 2 mL titran. Jaga pipet agar tidak ada titran yang menetes atau hilang.
- 4) Teteskan titran secara perlahan ke dalam wadah titrasi sambil diaduk sampai mendekati titik ekuivalen. Anda akan mendekati titik ekuivalen apabila terjadi perubahan warna indikator, tetapi perubahan warna hilang kembali ketika wadah titrasi di goyangkan atau dikocok.
- 5) Apabila anda telah mendekati titik ekuivalen, tambahkan titran tetes-demi tetes menggunakan pipet beral secara perlahan. Teteskan titran secara kontinyu sampai mencapai titik ekuivalen yang ditandai dengan perubahan warna, dimana warna tersebut tidak berubah sekurangnya selama 10 atau 15 detik dalam keadaan wadah titrasi digoyangkan.
- 6) Catat batas akhir volume titran dan tentukan volume titran yang digunakan.

#### **Akurasi Buret**

Ada beberapa jenis buret yang murah misalnya buret model “*student*”, buret ini tidak linier karena dinding interiornya tidak rata. Akurasi buret ini bisa berbeda pada tiap bagian yang digunakan. Misalnya, buret ini bisa saja memberikan hasil yang akurat pada bagian atas, tengah atau pada bagian bawah.

Dengan menggunakan air murni (massa jenis air murni 1,00 g/mL) dan timbangan, anda dapat mengkalibrasi buret untuk menentukan akurasi di semua bagian buret tersebut. Caranya: isi buret dengan akuades sampai sedekat mungkin dengan tanda 0,00 mL, gunakan pipet tetes untuk menambahkan akuades sampai tepat pada tanda batas 0,00 mL. Timbang gelas kimia (setidaknya memiliki kapasitas sama dengan buret) dan catat massanya sampai ketelitian 0,01 g. Keluarkan 5,00 mL akuades ke dalam gelas kimia, timbang lagi gelas kimia beserta isinya dan catat massanya. Keluarkan lagi 5,00 mL dan timbang lagi gelas kimia, dan terus diulangi dengan cara yang sama sampai buret kosong. (cara ini bisa lebih cepat dilakukan jika diatur agar gelas kimia tetap berada di atas timbangan, sehingga setiap 5 mL aquadest langsung dapat diukur). Apabila sudah selesai, kurangi masing-masing massa berikutnya dengan massa sebelumnya untuk mengetahui hubungan massa dengan volume tiap 5,00 mL. Dapat juga membuat kurva hubungan massa dengan volume. Idealnya, setiap penambahan 5,00 mL akan meningkatkan massa 5 g. Jika hubungan massa dengan volume tersebut tidak linier, maka pada bagian buret tersebut tidak akurat.

## b. Titrasi Menggunakan Pipet Ukur

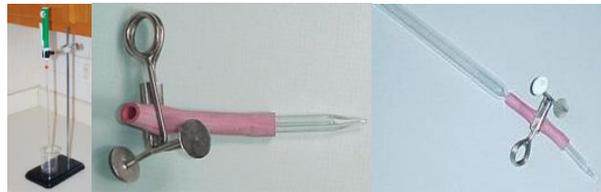
Anda dapat menggunakan pipet Mohr dengan pipet filler atau pompa pipet, untuk melakukan titrasi dengan akurasi tinggi. Berikut ini adalah beberapa trik untuk memperoleh hasil yang baik apabila melakukan titrasi dengan pipet:<sup>30</sup>

- 1) Gunakan pipet Mohr berkapasitas besar, misalnya ukuran 10 mL dengan skala 0,1 mL sehingga memberikan interpolasi sampai 0,02 mL atau lebih.
- 2) Estimasi jumlah volume titran yang akan diperlukan, dan pastikan volume tersebut sesuai dengan kapasitas pipet yang digunakan.

---

<sup>30</sup> Ibid, 80

- 3) Sebelum anda melakukan titrasi, anda bisa latihan dulu menggunakan pompa pipet atau pipet filler sampai anda berhasil meneteskan satu tetes perdetik.
- 4) Agar anda bisa mengontrol tetesan dengan baik, anda dapat menggunakan potongan pipa karet elastis, yang di ujungnya bisa dipasangi ujung pipet tetes seperti Gambar 2.19. Sambung pipa karet tersebut dengan ujung pipet ukur. Jika anda menggunakan teknik ini, isi pipet ukur dengan melepas *clamp* (penjepit) pada *pincicock* dan gunakan pipet filler untuk menarik titran ke dalam pipet sampai tanda batas. Apabila pipet sudah penuh, jepit kembali pipa karet tersebut dengan *clamp*, dan lepaskan pipet filler dari pipet.



Gambar 2.19

Pipet ukur yang dipasangi pipa karet elastis

- 5) Lakukan titrasi dengan settingan alat seperti anda menggunakan buret.

Metode titrasi perbedaan massa menguntungkan untuk dilakukan dilaboratorium, karena timbangan di laboratorium dapat mengukur massa sangat akurat. Apabila skala timbangan anda sekurang-kurangnya dalam sentigram ( 0,01 g) dan anda memiliki sebuah labu ukur, maka hasil yang akan anda peroleh dengan metode ini setidaknya seakurat yang diperoleh dengan buret.

Menentukan massa secara akurat dari volume titran merupakan cara cepat untuk menghitung massa per satuan volum (massa jenis) titran dengan akurasi tinggi. Apabila anda melakukan titrasi dengan mengetahui massa awal titran, anda

dapat menentukan massa titran yang tersisa setelah titrasi selesai. Dengan mengurangi massa awal dengan massa akhir titran, anda dapat menentukan berapa massa titran yang diperlukan untuk menyelesaikan titrasi. Dengan mengetahui massa jenis titran, anda dapat mengkonversi massa ke volume dengan membagi massa titran yang diperlukan dengan massa jenis titran tersebut. Tabel 2.2 menunjukkan contoh nilai hasil titrasi menggunakan metode perbedaan massa.

Titrasi dengan perbedaan massa, memberikan langkah-langkah dan modifikasi yang diperlukan untuk menghitung kapasitas timbangan dan gelas ukur/labu ukur yang anda miliki. Berikut adalah langkah-langkah yang dapat anda lakukan:<sup>31</sup>

- 1) Timbang gelas ukur kosong ukuran 100 mL atau (lebih baik) labu ukur 100 mL. Catat massanya seakurat mungkin.
- 2) Isi secara hati-hati gelas ukur atau labu ukur sampai tanda 100,0 mL. timbang wadah (gelas ukur atau labu ukur) tersebut dan catat massanya seakurat mungkin.
- 3) Kurangi massa gabungan wadah dan isinya dengan massa kosong wadah, dan catat nilai tersebut sebagai massa 100,0 mL titran.
- 4) Pindahkan titran secukupnya untuk menyelesaikan titrasi ke dalam gelas kimia kecil. Letakkan pipet Beral ke dalam gelas kimia, tentukan massa gabungan dari gelas kimia, titran, dan pipet Beral seperti yang ditunjukkan Gambar 2.20, dan catat massa gabungan tersebut seakurat mungkin.
- 5) Setelah titrasi selesai, kembalikan pipet Beral ke gelas kimia.

---

<sup>31</sup> Ibid, 81



Gambar 2.20  
Menentukan massa gabungan antara gelas kimia, titran, dan pipet Beral.

- 1) Tentukan lagi massa gabungan dari gelas kimia, titran yang tersisa, dan pipet Beral. Catat massa gabungan tersebut seakurat mungkin.
- 2) Kurangi massa gabungan awal dengan massa gabungan akhir untuk mengetahui massa (gram) titran yang diperlukan untuk menyelesaikan titrasi.
- 3) Konversi massa (gram) titran ke dalam mL dengan mengalikan jumlah gram titran yang diperlukan untuk menyelesaikan titrasi dengan 100 dan kemudian dibagi hasil tersebut dengan massa dari 100,0 mL titran untuk menentukan jumlah mL titran yang dibutuhkan untuk menyelesaikan titrasi. (atau massa titran yang diperlukan dibagi massa jenis titran diperoleh volume titran;  $m/\rho = \text{volume titran}$ ).

Tabel 2.2  
Contoh Hasil Titrasi dengan Metode Perbedaan Massa

Item	Volume
A. Massa kosong labu ukur 100 mL	69,94 g
B. Massa terisi labu ukur 100 mL	189,47 g
C. Massa 100 mL titran (B - A)	119,53 g
D. Massa gelas kimia, titran, dan pipet Beral (awal)	135,11 g

E. Massa gelas kima, titran, dan pipet Beral (akhir)	106,87 g
F. Massa titran yang digunakan (D - E)	28,24 g
G. Volume titran yang digunakan (F.100/C) atau massa titran dibagi massa jenis (F/ $\rho$ )	23,63 mL

#### **Kesalahan Absolut vs Kesalahan Relatif**

Gelas ukur akurasi sampai sekitar 1% pada *full scale*, yang berarti bahwa gelas ukur 100 mL memberikan akurasi sampai sekitar 1,0 mL dan gelas ukur 10 mL memberikan akurasi sekitar 0,1 mL. Kesalahan seperti ini adalah absolut (mutlak), jadi jika anda melakukan titrasi hanya menggunakan 10,0 mL dari gelas ukur 100 mL, kesalahannya tetap  $\pm 1,0$  mL.

Anda dapat meminimalkan kesalahan ini dengan menggunakan gelas ukur yang kapasitas maksimumnya mendekati volume titran yang diperlukan. Misalnya, jika perkiraan anda akan memerlukan 8 mL titran, gunakanlah gelas ukur 10 mL yang diisi penuh. (Khususnya gelas ukur 10 mL akurasi sampai 0,1 mL). Dengan demikian, hasil yang anda dapatkan dari segi ukuran wadahnya lebih akurat dibandingkan jika anda menggunakan gelas ukur yang lebih besar.

## **K. TEKNIK PEMANASAN**

Cairan yang tidak stabil bisa sangat berbahaya jika dalam keadaan super panas (ekstrem). Cairan super panas dapat mendidih dengan cara spontan dan membentuk letusan yang dapat memercikkan cairan mendidih tersebut. Oven microwave adalah salah satu pemanas yang dapat memanasi cairan sampai suhu ekstrem, namun pemanasan cairan bisa juga dilakukan dengan menggunakan pembakar gas atau alkohol, terutama jika pusat api dapat difokuskan pada titik tertentu di bawah wadah.

Untuk menghindari terjadinya pemanasan ekstrem, tambahkan batu didih (*boiling chip*) pada cairan sebelum pemanasan dimulai, terutama jika anda melakukan pemanasan dengan *oven microwave*. Batu didih dapat berupa kerikil atau material berpori

lainnya, berfungsi untuk mencegah terjadinya pemanasan tinggi. Dengan adanya batu didih ini, sehingga tersedia titik-titik atau pusat-pusat pemanasan untuk larutan mulai mendidih. Jika anda mendidihkan cairan menggunakan gelas kimia atau labu dengan menggunakan pembakar gas atau alkohol, gunakan keramik atau kasa untuk mendistribusikan panas dan letakkan batang pengaduk pada gelas kimia atau labu yang kontak langsung dengan dasar wadah pada titik pusat yang paling panas, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.21. Sama seperti batu didih, batang pengaduk juga dapat berfungsi memberikan atau menyediakan lokasi untuk memulai mendidih, dan mencegah terjadinya pemanasan tinggi<sup>32</sup>.



Gambar 2.21  
Menggunakan batang  
pengaduk untuk menghindari  
pemanasan tinggi



Gambar 2.22  
Cara pemanasan tabung  
reaksi yang benar.

Hindari terjadinya pemanasan tinggi apabila anda melakukan pemanasan langsung tabung reaksi pada nyala api. Hadapkan nyala api pada bagian tengah larutan, hal ini lebih baik dari pada menghadapkan api pada bagian dasar, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.22. Gerakkan tabung secara terus-menerus agar panas terdistribusi merata<sup>33</sup>.

---

<sup>32</sup> Ibid.,85

<sup>33</sup> Ibid

## L. TEKNIK MENGGUNAKAN PEMANAS

Pemanas atau sumber panas adalah salah satu perlengkapan yang sangat penting dalam laboratorium kimia. Sumber panas yang menggunakan nyala api terbuka atau secara langsung dapat memberikan resiko kebakaran, karena itu untuk keamanan, ikuti panduan menggunakan pemanas berikut:

1. Untuk meminimalkan terjadinya kebakaran, gunakan *hotplate*. Menggunakan *hotplate* lebih baik dari pada menggunakan lampu alkohol atau kompor gas.



Gambar 2.23  
Hotplate



Gambar 2.24  
Lampu Alkohol

2. Apabila menggunakan nyala api, sediakan alat pemadam kebakaran dan pahami cara penggunaannya.
3. Sebelum anda menyalakan pemanas (pembakar), pastikan bahwa tidak ada zat yang mudah terbakar berada di sekitar, termasuk bahan bakar pemanas tidak boleh ada diluar dan dekat pemanas.
4. Jangan gunakan nyala api terbuka untuk memanasi wadah yang berisi zat yang mudah terbakar.
5. Apabila anda telah selesai menggunakan pemanas, segera padamkan.
6. Ingat bahwa gelas dalam keadaan panas dan dingin kelihatannya sama, maka selalu gunakan penjepit atau sarung tangan untuk memegang gelas kecuali anda benar-benar yakin gelas tersebut dalam keadaan tidak panas.
7. Anda harus mengetahui cara mengobati luka bakar ringan, dan selalu siapkan kotak P3K.

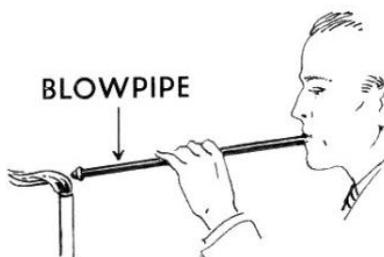
8. Pahami bagaimana cara mengidentifikasi luka bakar yang perlu penanganan secara professional. Luka bakar yang parah (berupa kulit merah dan lepuhan kecil) harus diperiksa ke dokter.

## **M. TEKNIK MENGGUNAKAN PEMANAS ALKOHOL**

Lebih dari seratus tahun, pembakar alkohol digunakan sebagai sumber panas di laboratorium kimia tradisional. Pembakar alkohol selain murah dan mudah digunakan, juga dapat memberikan panas yang sesuai untuk tabung reaksi atau wadah ukuran kecil lainnya dengan jumlah sampel yang sedikit. Berikut pedoman untuk menggunakan pembakar alkohol:

1. Gunakan alkohol (etanol atau isopropanol) sebagai bahan bakar lampu. Larutan alkohol 70% dapat digunakan, tetapi menggunakan kadar lebih tinggi (misalnya 91% atau lebih) dapat memberikan nyala yang lebih panas dan lebih bersih. Jangan menggunakan aseton, bensin, minyak tanah, atau pelarut lain yang mudah terbakar.
2. Apabila bahan bakar lampu alkohol habis, pastikan bahwa lampu alkohol telah dingin sebelum diisi kembali.
3. Setelah diisi, biarkan sumbu sampai jenuh (basah) dengan alkohol sebelum anda membakarnya. Jika tidak, anda akan membakar sumbunya saja bukan alkohol.
4. Sesuaikan panjang sumbu yang keluar dengan besar api yang diinginkan.
5. Apabila sumbu terlalu panjang potong dan biasakan menyimpan sumbu cadangan. Apabila sumbu terlalu lama, ganti dengan yang lebih bagus.
6. Padamkan api dengan menutup lampu alkohol dengan tutupnya. (jika menggunakan lampu alkohol yang mempunyai pengatur sumbu, anda dapat menurunkan sumbunya terlebih dulu sebelum ditutup).

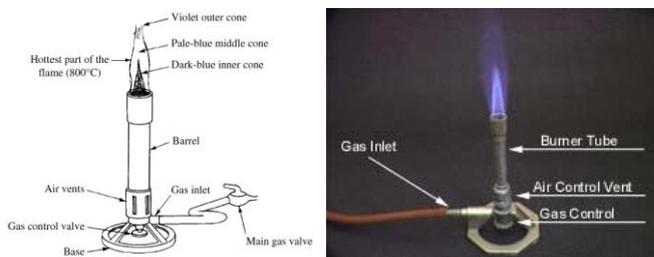
7. Apabila telah selesai digunakan, simpan lampu dalam keadaan tertutup agar alkohol tidak mudah menguap.
8. Jika anda memerlukan temperatur yang lebih tinggi dari lampu alkohol, gunakan sumpit untuk mengalirkan lebih banyak oksigen ke dalam nyala, yang memungkinkan memberikan panas lebih tinggi. Caranya tempatkan ujung pipa pada pusat api, kemudian tiupkan secara perlahan.<sup>34</sup>



Gambar 2.25  
Teknik meniup api

## N. TEKNIK MENGGUNAKAN PEMBAKAR GAS

Pembakar gas atau Bunsen umumnya menjadi sumber panas di dalam laboratorium. Pembakar yang diilustrasikan oleh Gambar 2.25 di bawah ini adalah bentuk pembakar yang umum digunakan di laboratorium Kimia.



Gambar 2.26  
Pembakar Bunsen dan bagian-bagiannya

<sup>34</sup> Ibid, 86

Gambar 2.26 merupakan pembakar yang dirancang dapat mengalirkan gas dan udara, dan mencampurkan keduanya dengan cara terkendali. Gas yang sering digunakan sebagai bahan bakarnya adalah “gas alam” sebagian besar terdiri dari metana,  $\text{CH}_4$ , yang mudah terbakar dan tidak berbau. Apabila dinyalakan, temperatur nyala dapat diatur dengan mengatur proporsi dari udara dan gas. Aliran gas dapat dikontrol baik pada katup gas utama atau pada katup control gas di bawah kompor. Ventilasi udara dibagian bawah laras berfungsi untuk mengalirkan udara ke dalam laras dan bercampur dengan gas bahan bakar. Bagian nyala terpanas adalah bagian kerucut luar violet, kerucut tengah pucat-biru, dan kerucut dalam biru-gelap; ventilasi udara, dibuka secukupnya untuk menjamin pembakaran gas sempurna. Jika jumlah udara tidak cukup, maka akan menghasilkan api yang kurang panas dan berwarna kuning bercahaya. Api seperti ini tidak memiliki kerucut dalam, berasap, dan berjelaga. Tetapi apabila terlalu banyak udara mengalir akan meniup api sehingga api menderu dan berada jauh di atas pembakar.<sup>35</sup>

Berikut ini prosedur untuk menggunakan pembakar Bunsen:<sup>36</sup>

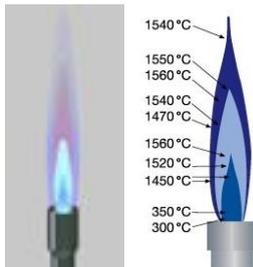
1. Sebelum menghubungkan pembakar Bunsen dengan sumber bahan bakar, periksa pembakar dan bandingkan dengan Gambar 2.26. Pastikan posisi katup control gas dan ventilasi udara serta lihat cara kerjanya.
2. Hubungkan saluran gas pada pembakar Bunsen dengan katup utama gas. Sambung dengan potongan pipa karet. Pastikan panjang pipa karet sedikit kendur. Tutup katup kontrol gas. Jika katup kontrol gas pembakar berbentuk skrup, putar sekerup tersebut searah jarum jam. Tutup ventilasi udara dengan cara memutar laras pembakar (atau geser cincin di atas ventilasi udara jika pembakar dibuat seperti ini).

---

<sup>35</sup> Ibid,86

<sup>36</sup> Ibid

3. Putar katup utama saluran gas ke posisi terbuka. Buka perlahan-lahan katup control gas dengan memutar nya ke arah berlawanan jarum jam sampai terdengar desisan gas. Segera nyalakan korek api, dan dekatkan ke atas laras pembakar, seketika gas tersebut akan menyala.
4. Untuk mengatur ukuran nyala api yang diperlukan, putar katup control gas dengan hati-hati ke arah jarum jam atau sebaliknya.
5. Dalam keadaan api menyala, atur ventilasi udara dengan memutar laras (atau menggeser cincin). Apa yang terjadi pada api dengan ventilasi terbuka? Atur katup kontrol gas dan ventilasi udara sampai anda mendapatkan tinggi api sekitar 3 atau 4 inci, dengan kerucut dalam berwarna biru (Gambar 2.27). Pada bagian ujung kerucut dalam yang berwarna biru pucat adalah bagian api terpanas.
6. Kontrol ventilasi udaranya, karena apabila udara terlalu banyak akan meniup api. Jika hal ini terjadi, tutup segera katup utama gas. Ulangi lagi dengan mengikuti langkah 3.



Gambar 2.27

Model dan suhu nyala api



Gambar 2.28<sup>37</sup>

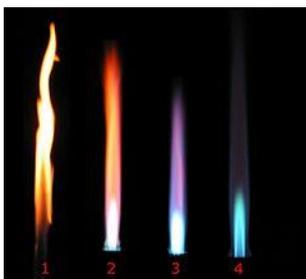
Model nyala api menderu

7. Jika tekanan gas juga terlalu keras akan menyebabkan nyala jauh di atas pembakar dan dengan suara menderu (Gambar 2.27). Jika hal ini yang terjadi, kurangi aliran gas dengan

<sup>37</sup> <https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/gas-turbine-handbook>

memutar katup kontrol gas sampai mendapatkan nyala yang diinginkan.

8. Kadang-kadang terjadi kilasbalik (*Flashback*). Jika hal ini terjadi, akan menyala di bagian bawah laras pembakar. Cepat tutup katup utama gas, biarkan laras dingin. Ulangi dengan mengikuti langkah 3.



Gambar 2.29<sup>38</sup>

Macam-macam nyala pembakar bunsen

Nyala pembakar Bunsen tergantung pada aliran udara dalam lubang leher Bunsen: 1. Lubang udara tertutup, 2. Lubang udara sedikit terbuka, 3. Lubang udara setengah terbuka, 4. Lubang udara hampir terbuka sepenuhnya (api biru menderu).

## O. TEKNIK MEMODIFIKASI ALAT GLAS

Dalam laboratorium kimia, sering dipelukan melakukan modifikasi peralatan gelas, misalnya pada saat menghubungkan potongan-potongan pipa gelas. Oleh karena itu, sangat penting untuk memahami dan menggunakan prosedur yang benar saat bekerja dengan gelas, terutama pipa gelas.

Gelas atau kaca adalah cairan *super-cooled*. Tidak seperti padatan kristalin yang memiliki titik leleh tinggi, gelas dapat melunak apabila dipanaskan, dan dengan demikian gelas dapat

---

<sup>38</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Bunsen\\_burner](https://en.wikipedia.org/wiki/Bunsen_burner)

dimodifikasi. Tidak semua gelas sama, setiap gelas memiliki kelas dan komposisi yang berbeda. Sebagian besar alat gelas dibuat dari gelas borosilikat (mengandung silika dan senyawa boraks). Secara komersil, tipe gelas ini dikenal sebagai *Pyrex* (dibuat oleh *Corning Glass*) atau *Kimax* (dibuat oleh *Kimble glass*). Gelas ini sulit melunak di bawah suhu 800 °C, karena itu diperlukan nyala yang sangat panas untuk mengerjakannya. Nyala pembakar bunsen memberikan suhu yang sangat panas untuk keperluan pengerjaan gelas secara umum. Selain itu, gelas borosilikat memiliki koefisien termal rendah untuk memuai. Gelas borosilikat memuai atau menyusut secara perlahan apabila dipanaskan atau didinginkan. Dengan demikian, gelas dengan bahan seperti ini tahan terhadap keretakan akibat perubahan suhu.

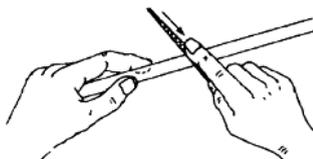
Gelas lunak (*Soft glass*) terutama yang terbuat dari pasir silika,  $\text{SiO}_2$  melunak pada suhu sekitar 300 – 400 °C. Karena gelas ini melunak pada suhu rendah sehingga tidak cocok untuk beberapa pekerjaan di laboratorium. *Soft glass* memiliki sifat tidak menguntungkan yang lain sehingga menjadi material yang buruk untuk peralatan gelas laboratorium. *Soft glass* memiliki koefisien termal yang tinggi untuk memuai. Dengan demikian berarti *soft glass* memuai dan menyusut sangat cepat ketika dipanaskan dan didinginkan; perubahan temperatur yang cepat dapat menyebabkan gelas tersebut cepat retak.

Selain kelemahan tersebut, *soft glass* memiliki kelebihan yaitu mudah pengerjaannya (modifikasi) dengan menggunakan pembakar Bunsen. Perawatan gelas ini harus dilakukan untuk mencegah kerusakan, yaitu dengan sedikit pemanasan secara merata terlebih dahulu, pendinginan secara bertahap, tekanan dan tegangan dikontrol.

## 1. Memotong pipa gelas

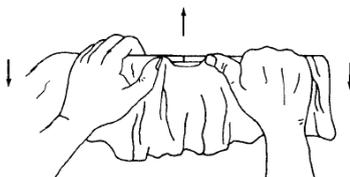
- 1) Persiapkan pipa gelas panjang (diameter 5 – 6 mm). Letakkan pipa gelas di atas meja, tandai dengan pensil pada bagian yang akan dipotong. Pegang kikir dengan

satu tangan, tempatkan jari telunjuk anda tepat pada sisi datar kikir. Dengan tangan yang lain, tahan pipa gelas dengan kuat di atas bangku. Di atas tanda, goreskan sisi kikir dengan kuat pada gelas secara kontinyu (Gambar 2.30)<sup>39</sup>



Gambar 2.30  
Menggores pipa gelas dengan kikir

- 2) Teteskan satu tetes air di atas goresan (untuk memudahkan pematahan gelas). Bungkus pipa gelas dengan kain kemudian genggam dengan kedua tangan anda seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.31. Letakkan kedua ibu jari diantara goresan. Posisi goresan hendaknya jauhkan dari badan dan wajah. Patahkan tabung pipa, dengan menekan cara serentak dengan kedua ibu jari dan menariknya dengan kedua tangan kearah badan. Tabung pipa gelas akan patah di tempat yang anda gores. Apabila pipa gelas tersebut tidak patah, ulangi prosedur di atas.



Gambar 2.31  
Cara mematahkan pipa gelas

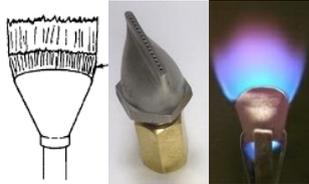
## 2. Membengkokkan Gelas

- 1) Letakkan sayap di puncak lampu bunsen yang sedang dalam keadaan mati. Sayap tersebut akan memperlebar

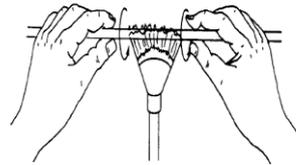
---

<sup>39</sup> Bettelheim & Landesberg, hal. 5.

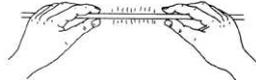
nyala sehingga akan memanaskan pipa gelas lebih panjang sampai lunak. Nyalakan pembakar dan atur sampai memperoleh kerucut dalam berwarna biru sepanjang lebar bagian atas sayap (Gambar 2.32)



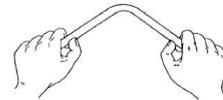
Gambar 2.32  
Sayap bagian atas  
pembakar Bunsen



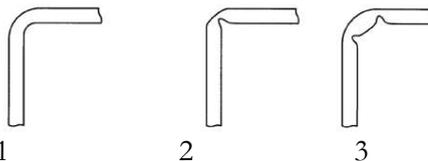
Gambar 2.33  
Cara memegang pipa  
gelas di atas nyala



Gambar 2.34  
Cara memegang sebelum  
dibengkokkan



Gambar 2.35  
Cara membengkokkan  
pipa gelas dengan cepat



Gambar 2.36  
Gelas nomor 1 hasil yang paling baik

### 3. Membersihkan Peralatan Gelas

Ikuti petunjuk berikut ini untuk menjaga peralatan gelas agar tetap seperti kondisi baru:<sup>40</sup>

- 1) Biasakan segera membersihkan peralatan gelas setelah digunakan, karena pengotor lebih mudah dibilas dari pada telah bermalam. Pengotor yang telah mengendap bisa jadi sangat sulit untuk dihilangkan.

<sup>40</sup> Robert Bruce Thompson, 90

- 2) Sebelum membersihkan peralatan gelas, biasakan selalu memeriksa alat gelas tersebut apakah terjadi kerusakan seperti pecah, retak atau kerusakan lainnya. Buang peralatan gelas yang rusak, sebelumnya dibilas dulu sebanyak mungkin untuk menghilangkan pengotor, kemudian dibungkus dengan koran beberapa lapis, dan buang bersama sampah rumah tangga.
- 3) Untuk peralatan yang berlubang kecil seperti pipa gelas, pipet, dan lainnya, dorong atau tarik air keran melalui lubangnya selama beberapa kali untuk mengeluarkan pengotor sebanyak-banyaknya. Kemudian tarik cairan pembersih berbusa memelalui peralatan gelas selama beberapa kali, diikuti dengan menarik atau mengalirkan beberapa bilasan air keran melalui peralatan gelas. Terakhir, alirkan akuades bebas ion beberapa kali. Gunakan bola karet untuk meniup keluar beberapa cairan bilasan yang tersisa dan tempatkan peralatan gelas pada tempat tertentu sampai kering.
- 4) Untuk peralatan gelas dengan lubang yang besar seperti gelas kimia, labu, dan tabung reaksi, segera bersihkan setelah digunakan, biarkan dingin (apa bila panas), buang isinya pada tempat pembuangan limbah, bilas peralatan gelas tersebut dengan air keran panas (jika ada), kemudian letakkan dengan posisi terbalik untuk pengeringan. Pastikan tempat untuk peralatan yang kotor dan tempat peralatan yang bersih dengan memberikan tanda atau label.
- 5) Jika peralatan gelas sangat kotor (seperti tabung reaksi atau labu yang mengandung endapan yang tidak dapat dibilas) gunakan sikat dan air panas berbusa untuk menghilangkan pengotor sebanyak mungkin. Jika peralatan masih tampak kotor, rendam dia di dalam bak cuci atau bak plastik yang berisi air panas berbusa, biarkan

dia terendam selama beberapa jam atau semalam. Ulangi lagi dengan gunakan sikat dan air panas berbusa untuk menggosoknya. Jika peralatan gelas masih juga terlihat kotor, coba direndam dalam larutan asam HCl 1 M selama semalam (encerkan dengan perbandingan 1 asam : 10 air) dan kemudian menggosoknya kembali. Jika peralatan tampak bersih, bilas dengan air keran dan keringkan sampai siap untuk digunakan. Sebaliknya, jika tidak juga bersih maka buang peralatan tersebut.

- 6) Peralatan gelas yang telah mengalami pencucian awal terlihat sudah bersih, tetapi bisa saja belum bersih untuk keperluan laboratorium. Pencucian awal sudah cukup baik jika mampu menghilangkan semua kontaminan atau pengotor, namun demikian pencucian akhir tetap diperlukan untuk memastikan peralatan gelas dalam keadaan benar-benar bersih.
- 7) Pada pencucian akhir dapat dimulai dengan mengisi bak cuci atau lainnya dengan air panas berbusa. Gunakan sikat yang sesuai, gosok seluruh bagian peralatan baik bagian dalam maupun luar. Bilas seluruh bagian peralatan dengan aliran air keran yang panas, dan kemudian memeriksanya apakah sudah benar-benar bersih. Keringkan dengan posisi terbalik dan biarkan sampai benar-benar kering sempurna. Terakhir, bilas alat gelas terutama pada bagian dalam, dengan akuades dan tempatkan pada rak pengering dengan posisi terbalik.
- 8) Setelah peralatan kering, kembalikan ke tempat penyimpanan.

#### **4. Kapan Dibersihkan dan Kapan Dibuang**

Jika alat gelas benar-benar kotor mungkin sebaiknya dibuang dan diganti dengan yang baru, apalagi alat gelas yang tidak tergolong mahal seperti tabung reaksi, pipet, gelas kimia atau erlenmeyer. Sedangkan untuk alat gelas yang mahal

seperti buret, labu ukur, dan gelas ukur mungkin diperlukan sedikit keberanian untuk mencucinya. (oleh karena itu jangan melakukan sesuatu yang dapat menyebabkan peralatan gelas yang mahal menjadi sangat kotor; sebagian besar alat gelas mahal digunakan untuk keperluan volumetrik bukan sebagai tempat reaksi). Jika digosok dengan sabun dan air ternyata tidak bisa bersih, direndam dalam larutan HCl encer (1:10) ternyata juga tidak mampu membersihkan, maka sebaiknya alat gelas tersebut dibuang. Jika anda memutuskan untuk mengambil resiko menggunakan larutan alkohol/hidroksida ternyata juga tidak mampu membrsihkan, maka sudah saatnya alat gelas tersebut untuk diganti.

#### **Catatan**

Gelas yang sangat kotor bisa juga dicuci dengan merendamnya dalam air basa (etanol + KOH pekat), setelah itu, dibilas dengan air dan dikeringkan dengan aseton.

Metode standar untuk membersihkan gelas menggunakan larutan Kromium trioksida (atau potassium dikromat) dalam asam sulfat pekat. Kelemahannya adalah larutan Kromium-asam sulfat sangat mahal, sangat beracun, karsinogen, sangat korosif, mengemisikan gas kromil klorida, dapat meledak secara tak terduga, dan sangat sulit untuk dibuang dengan aman.

Solusi lainya yang hampir sama baiknya dengan larutan tersebut dan lebih aman digunakan adalah larutan pekat NaOH atau KOH dalam 91% isopropanol atau 95% etanol.

Walaupun larutan ini sangat korosif dan sangat mudah terbakar, namun kelebihanannya adalah tidak mengandung ion logam berat, mudah dan aman pembuangannya. Larutan ini sangat kuat untuk melarutkan gelas, oleh karena itu anda harus menyimpannya dalam wadah non gelas yang diketahui atau tertera untuk menyimpan basa-basa kuat. Netralkan dengan asam lemah setelah selesai digunakan sebelum dibuang. Namun menggunakan larutan pembersih ini tidak direkomendasikan.

## P. TEKNIK PENGUAPAN DAN PENGERINGAN

Penguapan dan pengeringan sering dilakukan untuk menghilangkan air dari sampel yang telah dipersiapkan. Misalnya, jika produk anda larutan garam cair, anda harus menentukan massa kering garam untuk menentukan persen hasil. Atau mungkin juga ada endapan pada kertas saring yang masih basah oleh pelarut. Pada kedua kasus tersebut, anda harus menghilangkan semua cairan dulu sebelum menentukan massa padatan secara akurat.

Wadah terbaik untuk mengeringkan sampel cair adalah cawan penguap porselin, walaupun anda dapat juga menggantinya dengan cawan petri Pyrex, atau wadah lain yang mempunyai permukaan luas untuk mempercepat penguapan. Untuk mengeringkan sampel padat yang ada di atas kertas saring, dapat dilakukan dengan meletakkan kertas saring tersebut di atas cawan atau wadah penguap.

Ikuti langkah-langkah berikut untuk mengeringkan sampel:

1. Timbang wadah kosong atau kertas saring sebelumnya dan catat massanya. Dengan begitu, setelah sampel kering, anda dapat menentukan massa secara akurat dengan menimbang massa gabungan (sampel dan wadah atau kertas saring) dan mengurangnya dengan massa kosong wadah atau kertas saring. Khusus untuk sampel dalam kertas saring, pastikan anda menimbang kertas saring sebelum anda menggunakannya, karena sering menjadi kesulitan atau tidak mungkin anda dapat memindahkan semua produk dari kertas saring.
2. Jika produk yang anda hasilkan sebuah larutan, maka anda harus menghilangkan air secepat mungkin. Caranya, tuangkan larutan tersebut ke dalam cawan atau wadah penguap dan panaskan larutan secara perlahan untuk menguapkan semua air. Idialnya adalah menghilangkan air untuk pengeringan, tetapi tidak sampai mendidih. Jika ukuran cawan penguap

tidak cukup untuk menampung semua larutan sampel, maka tambahkan larutan secara terus menerus sampai habis.

3. Apabila sebagian besar air telah diuapkan (produk hanya lembab, seperti endapan padat dalam kertas saring), pindahkan wadah ke dalam oven atau tempatkan di bawah lampu pemanas, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.38, dan panaskan sampel sampai air hilang. Jika anda menggunakan oven pengering, setting temperaturnya sekurang-kurangnya  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  untuk memastikan bahwa semua air menguap. Jika anda tidak memiliki lampu pemanas, anda dapat menggunakan lampu *gooseneck* biasa dengan mendekatkan bola lampu sedekat mungkin dengan sampel.



Gambar 2.37  
Cawan penguap



Gambar 2.38  
Lampu pemanas

4. Tergantung pada jumlah air yang tersisa, anda dapat memanaskan sampel dari beberapa menit sampai beberapa jam. Jika sampel mengeras, gunakan batang pengaduk untuk menggerusnya, pastikan tidak ada air yang tersimpan di dalamnya. Panaskan secara terus-menerus sampai semua air menguap.
5. Apabila sampel telah tampak kering sempurna, biarkan mendingin, timbang, dan catat, massanya.
6. Kembalikan sampel ke dalam oven atau tempatkan kembali di bawah lampu pemanas, dan panaskan dengan suhu tinggi sampai sekitar 15 menit.
7. Timbang sampel kembali, catat massa, dan bandingkan massa tersebut dengan massa yang anda catat sebelumnya. Jika

- massa akhir ini lebih rendah, berarti tidak semua air dapat dikeluarkan dari sampel awal ketika anda menimbanginya.
8. Ulangi langkah 5 dan 6 sampai tidak ada perubahan massa lagi, dengan begitu anda dapat memastikan bahwa sampel benar-benar kering.

## **Rangkuman**

Pengukuran merupakan salah satu kunci penting dalam proses kimia, oleh karena itu sangat penting untuk memahami teknik dan keterbatasan pengukuran. Tingkat ketidak pastian hasil pengukuran tergantung pada resolusi atau ketelitian alat ukur dan tingkat keterampilan dalam melakukan pengukuran. Menggunakan alat ukur yang lebih baik dapat meningkatkan akurasi pengukuran. Estimasi dalam pengukuran perlu dilakukan untuk dapat meningkatkan akurasi hasil pengukuran. Setiap perhitungan yang menggunakan data pengukuran, harus membuat perkiraan atau estimasi sebagai angka penting dalam laporan pengukuran.

Ketelitian hasil kerja alat laboratorium dapat berubah sewaktu-waktu, oleh karena itu alat harus digunakan dengan prosedur penggunaan yang tepat dan dirawat dengan baik agar alat terhindar dari kerusakan.

Kecelakaan laboratorium sering disebabkan oleh kurangnya pengetahuan tentang bahan kimia, kecerobohan, dan tidak terampil dalam melakukan kerja laboratorium. Penanganan bahan kimia dengan tepat dapat menghindari kecelakaan laboratorium dan dapat mempertahankan kualitas bahan dari kerusakan akibat kontaminasi.

Mengukur volume cairan atau zat cair (larutan) dapat menggunakan beberapa alat antara lain labu ukur, pipet ukur, pipet volum, dan bahkan dengan buret. Masing-masing alat tersebut memiliki tingkat ketelitian atau akurasi yang berbeda. Pemilihan alat tergantung pada kondisi dan keperluan dari percobaan yang

dilakukan. Untuk menjaga akurasi alat ukur dilaboratorium, maka perlu dilakukan kalibrasi alat ukur tersebut secara berkala.

Keterbatasan alat dilaboratorium seharusnya tidak menjadi halangan kita untuk melakukan eksperimen atau percobaan di laboratorium. Misalnya, titrasi dapat dilakukan dengan beberapa alat lain selain buret, misalnya seperti gelas ukur dan pipet ukur.

Pemanasan larutan harus dilakukan secara bertahap dan perlahan untuk menghindari pemanasan ekstrem. Penambahan batu didih dapat memberikan titik-titik atau pusat pemanasan yang lebih luas sehingga dapat menghindari pemanasan ekstrem.

### **Latihan**

1. Untuk mengukur volume cairan ada alat gelas seperti gelas ukur, gelas kimia, pipet volum dan pipet ukur. Urutkan alat-alat tersebut berdasarkan tingkat ketelitiannya!
2. Apa yang dimaksud kesalahan mutlak?
3. Uraikan cara menyimpan alat gelas yang baik!
4. Mengapa pemanasan harus dilakukan secara bertahap?
5. Apa fungsi batu didih?
6. Bagaimana cara untuk mendapatkan panas yang lebih tinggi dari lampu alkohol?



## BAB III

### PEMISAH CAMPURAN

---

#### A. CAMPURAN DAN METODE PEMISAHANNYA

Campuran adalah zat yang terdiri dari dua atau lebih unsur dan atau senyawa yang bercampur secara fisik tetapi tidak bereaksi secara kimia membentuk zat baru. Biasanya, komponen-komponen campuran dapat dipisahkan satu sama lain dengan cara fisika.

Suatu campuran terdiri dari dua atau lebih zat dari fase yang sama atau fase yang berbeda. Sebagai contoh: anda dapat mencampur air dan pasir (cair dan padat), gula dan garam (padat dan padat), air dan minyak (cair dan cair) atau nitrogen dan oksigen (gas dan gas). Campuran memiliki banyak variasi, dapat homogen atau heterogen. Jadi Campuran dapat berupa padatan, cairan, gas, atau gabungan dari beberapa wujud zat tersebut<sup>41</sup>.

Ketika zat yang bercampur memiliki komposisi yang sama di seluruh bagian, maka disebut campuran zat homogen, begitu juga sebaliknya untuk campuran heterogen. Dengan kata lain, jika komposisi campuran konstan berarti semua bagian dari campuran adalah sama. Misalnya, melarutkan gula dalam air dan mencampurkannya secara sempurna. Sekarang ambil sebagian kecil sampel campuran gula dan air secara acak, maka akan diperoleh hasil yang sama dengan bagian yang lain, oleh karena itu larutan seperti ini disebut campuran homogen. Berbeda dengan mencampur pasir dan air, kemudian mengambil sebagian sampel dan mungkin sementara mereka akan tampak sama. Namun jika dibiarkan beberapa saat, maka akan tampak bagian yang satu

---

<sup>41</sup> <http://www.eschooltoday.com>

lebih banyak pasir dari pada air dan di bagian yang lain lebih banyak air daripada pasir. Campuran seperti ini disebut campuran heterogen<sup>42</sup>.

Kita dikelilingi oleh berbagai campuran, baik di laboratorium kimia dan dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa contoh campuran yang akrab dengan kehidupan kita antara lain seperti udara, minuman dan makanan. Udara yang kita hirup adalah contoh campuran yang terdiri dari nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil gas lainnya. Minuman ringan yang kita minum merupakan campuran kompleks yang terdiri dari air, gula, karbon dioksida, dan senyawa organik sebagai pewarna dan pemberi rasa. Makanan yang kita makan adalah campuran kompleks dari senyawa organik dan anorganik.

Campuran sering sengaja dibuat, karena campuran memiliki karakteristik yang diperlukan untuk tujuan tertentu. Misalnya, stainless steel adalah campuran dari besi, kromium, karbon, nikel, mangan, dan unsur-unsur lain dengan proporsi tertentu, dipilih untuk mengoptimalkan sifat dan karakteristik seperti ketahanan terhadap korosi, kekerasan, kekuatan tarik, dan warna. Demikian juga dengan beton yang merupakan campuran kompleks dari komponen yang dipilih untuk meminimalkan biaya sekaligus mengoptimalkan kekuatan, daya tahan, ketahanan terhadap garam, permeabilitas terhadap air, dan faktor-faktor lainnya, sesuai dengan tujuan penggunaannya.

Karena komponen campuran tidak mengalami reaksi kimia, maka kita dapat memisahkan campuran tersebut menjadi komponen-komponen penyusunnya secara fisika. Ahli kimia telah menemukan berbagai metode untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan sifat fisiknya, misalnya perbedaan kelarutan, distilasi, rekristalisasi, ekstraksi pelarut, dan kromatografi. Dalam bagian ini, kita akan mempelajari metode-

---

<sup>42</sup> <http://www.chemteam.info/Matter>

metode pemisahan campuran yang telah digunakan secara umum untuk memisahkan campuran.

Pemisahan campuran antara zat padat dan cair (berdasarkan perbedaan kelarutan), dapat dilakukan dengan metode sedimentasi, dekantasi, filtrasi, penguapan, kristalisasi, dan distilasi. Sedangkan pemisahan komponen-komponen campuran zat padat-padat, dapat dilakukan dengan metode sublimasi, ekstraksi, pemisahan magnetik, dan kromatografi. Campuran zat cair-cair dapat dipisahkan dengan metode distilasi fraksinasi dan pemisahan gravitasi<sup>43</sup>.

Sedimentasi adalah proses pemisahan padatan yang terkandung dalam campuran cair oleh gaya gravitasi. Proses Sedimentasi dapat dilakukan setelah proses Koagulasi dan Flokulasi dimana tujuannya adalah untuk memperbesar partikel padatan sehingga menjadi lebih berat dan dapat tenggelam dalam waktu lebih singkat. Jika metode Sedimentasi ini melibatkan teknik penuangan cairan sehingga padatan tetap tinggal diwadah, teknik ini disebut dekantasi.

Filtrasi adalah metode pemisahan yang digunakan untuk memisahkan cairan dan padatan yang tidak larut dengan menggunakan penyaring (*filter*) berdasarkan perbedaan ukuran partikel. Sebagai contoh menyaring air yang bercampur pasir disaring dengan kertas saring sehingga pasir akan tertinggal di kertas saring. Filtrasi juga dapat diartikan sebagai pembersihan partikel padat dari suatu fluida dengan melewatkannya pada medium penyaringan, atau septum, yang di atasnya padatan akan diendapkan<sup>44</sup>.

Penguapan digunakan untuk mendapatkan kembali zat padat terlarut dari larutan dengan cara menguapkan pelarut. Zat terlarut "melarutkan" akan tinggal diwadah penguapan. Misalnya, garam atau gula dapat diperoleh kembali dari campuran

---

<sup>43</sup> <http://www.mentorials.com>

<sup>44</sup> <http://serbamurni.blogspot.co.id/2013>

garam/gula dan air melalui penguapan. Air menguap meninggalkan zat terlarut pada wadah penguapan. Tembaga sulfat, tawas kalium, kalium nitrat dan lain-lain juga dapat diperoleh kembali dari larutan air dengan penguapan.<sup>45</sup>

Kristalisasi adalah bentuk canggih dari teknik penguapan di mana kristal zat terlarut didorong untuk terbentuk atau keluar dari larutannya selama proses menguap. Kristalisasi dapat juga diartikan sebagai suatu teknik yang digunakan dalam kimia untuk memurnikan senyawa dalam bentuk padatan. Kristalisasi dilakukan berdasarkan pada prinsip kelarutan, yakni suatu senyawa akan cenderung lebih cepat larut di dalam cairan panas apabila dibandingkan senyawa tersebut berada dalam cairan dingin. Ketika senyawa berada pada kondisi panas serta keadaannya jenuh kemudian dibiarkan untuk mendingin, maka zat terlarut tidak akan lagi larut dalam pelarut dan akan membentuk kristal dengan senyawa murni.

Distilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Distilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi reaksi kimia selama proses berlangsung. Dasar metode distilasi adalah perbedaan titik didih cairan yang akan dipisahkan pada tekanan tertentu. Proses distilasi biasanya melibatkan suatu penguapan campuran dan diikuti dengan proses pendinginan dan pengembunan.

Sublimasi adalah proses di mana beberapa padatan, pada pemanasan, diubah langsung menjadi uap tanpa melalui fase cair, dan sebaliknya. Teknik ini dapat digunakan untuk memisahkan campuran padatan, salah satunya dapat mengalami sublimasi. Uap kemudian didinginkan secara terpisah untuk mendapatkan kembali padat menyublim. Sublimasi digunakan pada pemisahan

---

<sup>45</sup> <http://www.mentorials.com>

zat seperti amonium klorida, yodium, naphthalene, kamper dan belerang<sup>46</sup>.

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan (pelarut) yang tidak saling melarut, biasanya air dan yang lainnya pelarut organik.

Metode pemisahan magnetik, dicontohkan oleh pemisahan serbuk besi. Campuran serbuk besi sebagai salah satu komponen yang dapat dipisahkan dengan menggunakan magnet untuk menarik partikel besi dari campuran.

Distilasi fraksinasi adalah metode memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi ini juga dapat digunakan untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20 °C dan bekerja pada tekanan atmosfer atau dengan tekanan rendah. Aplikasi dari Distilasi jenis ini banyak digunakan pada industri minyak mentah, untuk memisahkan komponen-komponen dalam minyak mentah.

Metode pemisahan gravitasi adalah pemisahan campuran cairan yang didasarkan oleh perbedaan berat jenis. Misalnya campuran dari dua cairan yang bercampur dapat dipisahkan menggunakan corong pisah, cairan yang berat jenisnya lebih besar akan berada di bawah, sedangkan cairan yang berat jenisnya lebih kecil akan ada di atas corong pisah.

## **Rangkuman**

Campuran adalah zat yang terdiri dari dua atau lebih unsur atau senyawa yang bercampur secara fisik tetapi tidak bereaksi secara kimia membentuk zat baru. Suatu campuran terdiri dari dua atau lebih zat dari fase yang sama atau fase yang berbeda. Ketika zat yang bercampur memiliki komposisi yang sama di seluruh bagian, maka disebut campuran zat homogen, begitu juga

---

<sup>46</sup> Ibid

sebaliknya jika komposisi di seluruh bagiannya tidak sama, maka campuran tersebut merupakan campuran heterogen.

Karena komponen campuran tidak mengalami reaksi kimia, maka kita dapat memisahkan campuran tersebut menjadi komponen-komponen penyusunnya secara fisika. Pemisahan campuran antara zat padat dan cair (berdasarkan perbedaan kelarutan), dapat dilakukan dengan metode sedimentasi, dekantasi, filtrasi, penguapan, kristalisasi, dan distilasi. Sedangkan pemisahan komponen-komponen campuran zat padat-padat, dapat dilakukan dengan metode sublimasi, ekstraksi, pemisahan magnetik, dan kromatografi. Campuran zat cair-cair dapat dipisahkan dengan metode distilasi fraksinasi dan pemisahan gravitasi.

### ***Pre Test***

1. Apakah yang dimaksud dengan campuran?
2. Ada berapa penggolongan campuran? Sebutkan dengan disertai contoh!
3. Apa perbedaan antara senyawa dengan campuran? Jelaskan!
4. Mengapa campuran dapat dipisahkan dengan cara fisika?
5. Sebutkan masing-masing satu cara memisahkan komponen-komponen campuran padatan - cair, campuran cair-cair, dan campuran padat-padat. Serta jelaskan alasan anda memilih metode tersebut!

## **B. EKSPERIMEN**

### **1. Pemisahan Campuran Berdasarkan Perbedaan Kelarutan: Pemisahan Garam dan Pasir**

Perbedaan kelarutan merupakan metode paling awal yang dikembangkan untuk memisahkan campuran. Perbedaan kelarutan digunakan berdasarkan kenyataan bahwa zat yang berbeda memiliki kelarutan yang berbeda dalam pelarut yang berbeda. Pada kegiatan laboratorium ini, kita akan memisahkan campuran dari dua senyawa, dimana salah satu dari senyawa

tersebut mudah larut dalam air dan satunya lagi tidak larut dalam air.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas Lab).
- 2) Neraca dan kertas timbangan
- 3) *Hotplat*
- 4) *Microwave* atau *Oven*
- 5) Gelas kimia 150 mL
- 6) Gelas arloji
- 7) Kertas saring
- 8) Corong
- 9) Batang pengaduk
- 10) Pasir kering
- 11) Garam

### **Prosedur<sup>47</sup>:**

- 1) Timbang sekitar 10,0 g pasir kering dan 10,0 g garam, kemudian masukkan kedua zat tersebut ke dalam gelas kimia. Catat massa zat tersebut pada baris A dan B Tabel 3.1.
- 2) Aduk campuran dalam gelas kimia tersebut sampai garam dan pasir bercampur.
- 3) Tambahkan sekitar 25 mL air kedalam gelas kimia, dan aduk sampai garam habis larut.
- 4) Timbang potongan kertas saring dan catat massanya pada baris C Tabel 3.1.
- 5) Timbang gelas kimia (sebagai wadah penampung) yang lain dan catat massanya pada baris D Tabel 3.1.
- 6) Seting corong, kertas saring dan gelas kimia penampung.

---

<sup>47</sup> Robert Bruce Thompson, 95

- 7) Goyangkan isi gelas kimia pertama kemudian tuangkan pada wadah penyaring (corong + kertas saring)
- 8) Gunakan botol semprot untuk membilas gelas kimia agar pasir dan sisa-sisa larutan garam turun semua ke kertas saring. Semprot residu yang ada di kertas saring agar semua sisa larutan garam turun ke gelas kimia. Kumpulkan filtrat (cairan yang lolos kertas saring) dalam gelas kimia penampung.
- 9) Pindahkan kertas saring dari corong, hati-hati jangan sampai ada pasir yang jatuh. Tempatkan kertas saring di atas gelas arloji. Panaskan gelas arloji beserta isinya menggunakan lampu bunsen atau oven sampai semua air menguap/kering.
- 10) Timbang kertas saring beserta isinya dan catat massa pada baris E Tabel 3.1.
- 11) Hitung massa akhir pasir dengan cara, mengurangi massa pada baris E dengan massa pada baris C Tabel 3.1. catat hasil perhitungan anda pada baris G Tabel 3.1
- 12) Tempatkan gelas kimia penampung filtrat di atas hot plat dan panaskan sampai titik didih air. Panaskan secara kontinyu sampai semua air menguap dan terbentuk kristal garam.
- 13) Setelah kristal garam kering, timbang beserta wadahnya dan catat massa wadah beserta isinya pada baris F Tabel 3.1.
- 14) Hitung massa akhir garam dengan cara mengurangi massa pada baris F dengan massa pada baris D Tabel 3.1. Catat hasil perhitungan anda pada baris H Tabel 3.1.

**Peringatan!**

Walaupun bahan yang digunakan pada percobaan ini tidak beracun, tetapi tetap pakai pakaian pelindung.

**Limbah**

Semua limbah dari percobaan ini dapat dibuang bersamaan limbah rumah tangga lainnya.

Tabel 3.1  
Lembar Pengamatan Pemisahan Garam dan Pasir

Item	Massa (g)
A. Massa pasir awal	____,____ g
B. Massa garam awal	____,____ g
C. Massa kertas saring	____,____ g
D. Massa gelas kimia kedua (penampung)	____,____ g
E. Massa pasir + kertas saring	____,____ g
F. Massa garam + gelas kimia kedua	____,____ g
G. Massa pasir akhir (E - C)	____,____ g
H. Massa garam akhir (F - D)	____,____ g

### ***Post Test***

1. Setelah melakukan pemisahan, anda mendapatkan kembali pasir dan garam dengan massa yang sama dengan massa awal. Seberapa dekat massa dari hasil pemisahan dengan massa awal? Berikan penjelasan mengapa massa akhir lebih kecil dari massa awal? Atau sebaliknya.
2. Anda mau membuat campuran beton, tetapi hanya tersedia pasir yang terkontaminasi atau dikotori oleh garam, dimana diketahui bahwa garam ini dapat mengurangi kekuatan beton. Selain pasir tersebut, anda juga mempunyai air yang berlebih. Jelaskan bagaimana caranya anda hilangkan garam tersebut dari pasir!
3. Anda dihadapkan dengan campuran dari dua senyawa yang sama-sama larut dalam air. Terangkan metode apa yang paling mungkin untuk memisahkan kedua komponen tersebut!

## **2. Pemisahan Campuran Berdasarkan Perbedaan Titik Didih: Pemurnian Etanol**

Distilasi merupakan metode yang paling tua digunakan untuk memisahkan campuran cairan. Distilasi digunakan untuk memisahkan cairan yang memiliki titik didih yang berbeda.

Ketika campuran dipanaskan, cairan dengan titik didih yang lebih rendah akan menguap pertama/lebih dulu. Uap tersebut akan melalui kondensor, yang akan mendinginkan uap dan mengembun menjadi cairan; cairan tersebut kemudian ditampung dalam gelas erlenmeyer. Campuran cairan induk jika dipanasi terus menerus, maka beberapa atau semua cairan yang memiliki titik didih lebih rendah akan terdorong atau menguap dan meninggalkan cairan-cairan yang titik didihnya lebih tinggi di dalam labu distilasi<sup>48</sup>.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Penyangga (statif dan klem)
- 2) Neraca analitik
- 3) Alat distilasi (kondensor/pipa gelas)
- 4) Labu distilasi
- 5) Gelas kimia 250 mL
- 6) *Hotplate*
- 7) Batu didih
- 8) Etanol, 70% (200 mL)
- 9) Termometer

### **Prosedur<sup>49</sup>:**

- 1) Timbang labu ukur/piknometer dan catat massanya pada baris A Tabel 3.2.
- 2) Masukkan 100 mL etanol ke dalam labu ukur/piknometer dan timbang kembali labu tersebut. Catat massanya pada baris B Tabel 3.2.
- 3) Kurangi massa pada baris B dengan massa pada baris A ( $m_B - m_A$ ) sebagai massa alkohol dan catat hasilnya pada baris C. Membagi massa baris C (alkohol) dengan 100

---

<sup>48</sup> Ibid,97

<sup>49</sup> Ibid,99

diperoleh massa jenis etanol (g/mL) dan catat hasilnya pada baris D Tabel 3.2.

- 4) Pindahkan etanol dari labu ukur ke dalam labu distilasi dan tambahkan sekitar 100 mL atau lebih etanol. Masukkan satu atau dua batu didih.
- 5) Pasang alat distilasi seperti (Gambar 3.1) dengan menggunakan gelas Erlenmeyer 250 mL sebagai wadah penampung.
- 6) Hidupkan *hotplate* dan panaskan sampai titik didih etanol secara perlahan.
- 7) Distilasi dilakukan sampai diperoleh lebih dari 100 mL distilat dalam gelas penampung. (pastikan bahwa temperatur tidak naik atau melebihi titik didih alkohol, jika tidak, maka air akan terdistilasi sehingga mempengaruhi kemurnian hasil).
- 8) Hentikan pemanasan, Biarkan distilat dingin sampai suhu kamar. Pindahkan 100 mL distilat ke dalam labu ukur/Piknometer. Timbang labu beserta isi dan catat massanya pada baris E dalam Tabel 3.2.
- 9) Kurangi massa pada baris E dengan massa pada baris A untuk menentukan massa distilat, catat massa distilat pada baris F Tabel 3.2.
- 10) Bagi masa pada baris F dengan 100 untuk memperoleh berat jenis distilat (g/mL) dan catat pada baris G Tabel 3.2.



Gambar 3.1  
Rangkaian alat distilasi sederhana

- 11) Ulangi percobaan ini dengan menggunakan campuran larutan Tuak!

Tabel 3.2  
Lembar Pengamatan Pemurnian Alkohol

Item	Data
A. Labu ukur	—.— g
B. Labu ukur 100 mL dan etanol 70%	—.— g
C. Etanol 100 mL 70% (B – A)	—.— g
D. Massa jenis etanol 70% (C/100)	—.— g/mL
E. Labu ukur 100 mL dan distilat etanol	—.— g
F. Massa 100 mL distilat etanol (E – A)	—.— g
G. Massa jenis distilat etanol (F/100)	—.— g/mL

### **Post Test**

1. Apakah anda mendapatkan berat jenis distilat larutan etanol lebih rendah atau lebih tinggi dari larutan etanol sebelumnya? Mengapa?
2. Gunakan nilai berat jenis dari berbagai konsentrasi larutan alkohol dan air yang anda peroleh dari buku kimia, fisika, sumber-sumber online terpercaya, dll, untuk mengestimasi konsentrasi larutan alkohol induk/sampel dan distilat.
3. Distilasi anggur menghasilkan etanol murni yang tidak berwarna, seperti yang anda harapkan, tetapi minuman keras (*brandy*) berwarna mengandung rasa yang kompleks. Mengapa?

### **3. Pemisahan Campuran Berdasarkan Perbedaan Kelarutan dan Titik Beku: Pemurnian Tembaga Sulfat**

Tembaga sulfat kasar atau mentah adalah campuran tembaga sulfat dengan berbagai pengotor yang mungkin berupa tembaga karbonat, tembaga oksida, dan senyawa-senyawa

tembaga lainnya. Pemurnian tembaga sulfat dari pengotor-pengotornya dapat dilakukan dengan metode rekristalisasi.

Keberhasilan metode rekristalisasi tergantung pada dua faktor. Pertama, kristal adalah bentuk paling murni dari bahan kimia, karena tidak ada ruang untuk kotoran dalam kisi kristal. Kristal tumbuh dalam larutan sebagai bahan kimia murni, pengotor tetap larut dalam larutan. Kedua, beberapa bahan kimia lebih mudah larut dalam air panas daripada air dingin. Misalnya, kelarutan tembaga sulfat pentahidrat sebesar 203,3 g/100 mL pada suhu 100 °C lebih besar dibandingkan pada air dingin hanya 31,6 g/100 mL pada 0 °C.

Dengan kata lain, larutan tembaga sulfat jenuh pada suhu 100 °C, dan mengandung tembaga sulfat sekitar enam kali lebih besar dari pada suhu 0 °C. Jika tembaga sulfat murni jenuh pada air mendidih kemudian larutan dinginkan sampai suhu 0 °C, sekitar 5/6 kristal tembaga sulfat murni terbentuk, dan meninggalkan pengotor dalam larutan sekitar 1/6.<sup>50</sup>

Setelah kristal terbentuk, anda dapat pisahkan dari cairan dengan penyaringan atau dekantasi. Kasus kedua, cairan pengotor ada juga yang tetap bercampur dengan kristal tembaga sulfat. Pengotor ini dapat dihilangkan dengan membilas Kristal dengan sejumlah air dingin (air es) atau pelarut lain yang dapat bercampur dengan air, misalnya seperti aseton.

Pada percobaan ini, kita akan menggunakan aseton untuk pembilasan akhir, karena tembaga sulfat hampir tidak larut dalam aseton. Jika kita menggunakan air es, beberapa tembaga murni dapat larut sehingga menurunkan jumlah tembaga sulfat yang dihasilkan. Alasan lain penggunaan aseton karena merupakan senyawa organik volatil sehingga lebih cepat menguap.

---

<sup>50</sup> Ibid,102

## Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas Lab)
- 2) Timbangan
- 3) *Hotplate*
- 4) Gelas kimia 250 mL 2 buah
- 5) Labu ukur 100 mL
- 6) Batang pengaduk
- 7) Corong
- 8) Kertas saring
- 9) Gelas Erlenmeyer
- 10) Termometer
- 11)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (50 g)
- 12) Aseton
- 13)  $\text{NaCO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (50 g)
- 14) Air es

## Prosedur:<sup>51</sup>

- 1) Letakkan kertas timbangan atau cawan pentri di atas timbangan, nolkan sehingga terbaca 0,00 g. Tambahkan tembaga sulfat pentahidrat sampai timbangan menunjukkan angka 250 g. Catat massa tembaga sulfat dengan ketelitian 0.01 g pada baris A Tabel 3.3. Pindahkan tembaga sulfat ke dalam gelas kimia 250 mL.
- 2) Timbang kertas saring dan catat massanya dengan ketelitian 0,01 g pada baris B Tabel 3.3.
- 3) Setting corong dan kertas saring pada gelas kimia 250 mL.
- 4) Gunakan gelas ukur 100 mL untuk mengukur 150 mL air keran (panas), dan tambahkan kepada tembaga sulfat dalam gelas kimia 250 mL.
- 5) Tempatkan gelas kimia di atas pemanas dan panaskan sampai titik didih air. Aduk larutan sampai semua tembaga

---

<sup>51</sup> ibid

sulfat larut. Beberapa partikel padat tidak terlarut, partikel tersebut bisa jadi pengotor dan dapat diabaikan.

- 6) Gunakan gelas kimia penampung, saring larutan panas tembaga sulfat sesegera mungkin. Beberapa tembaga sulfat mungkin mengkristal ketika kontak dengan kertas saring dingin, corong, atau gelas penampung, tetapi larut kembali karena penuangan larutan panas secara terus-menerus ke corong.
- 7) Setelah larutan dingin, tembaga sulfat akan mengkristal kembali. Pendinginan larutan secara perlahan akan menghasilkan kristal dengan ukuran lebih besar, dan sebaliknya pendinginan yang cepat menghasilkan kristal dengan ukuran lebih kecil. Kristal kecil lebih mudah ditangani dan ditimbang, oleh karena itu kita menginginkan produk kristal dengan ukuran sekecil mungkin. Untuk tujuan tersebut, maka tempatkan gelas kimia di dalam air es agar laju pendinginannya cepat.
- 8) Sampai larutan dingin, aduk dengan thermometer secara periodik. Sambil anda menunggu larutan dingin sampai suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pindahkan kertas saring dari corong, bilas corong tersebut. Bersihkan gelas kimia 250 mL yang dipakai untuk melarutkan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebelumnya, dan tempatkan di bawah corong.
- 9) Apabila larutan telah dingin (suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), gunakan batang pengaduk untuk menggerus kristal-kristal yang terbentuk didinding gelas. Goyangkan isi gelas dengan perlahan dan tuangkan larutan tersebut ke corong penyaring.
- 10) Gunakan beberapa mL aseton untuk membilas kristal yang tersisa pada dinding gelas kimia, kemudian tuangkan ke corong. Pastikan bahwa jumlah aseton yang diberikan dapat membilas semua kristal dalam kertas saring.
- 11) Pindahkan secara hati-hati kertas saring dan selanjutnya keringkan kristal tembaga sulfat murni tersebut.

- 12) Apabila kertas saring dan tembaga sulfat telah kering sempurna, timbang dan catat massa dari kertas saring dan kristal tembaga sulfat pada baris C Tabel 3.3.
- 13) Tentukan massa tembaga sulfat murni dengan cara mengurangi massa pada baris C dengan massa pada baris B (C-B). Catat hasil perhitungan anda pada baris D Tabel 3.3.
- 14) Masukkan kristal tembaga sulfat yang dimurnikan ke dalam botol, labeli dan simpan untuk digunakan pada percobaan laboratorium lainnya.



Gambar 3.2  
Endapan dan Kristal  $\text{CuSO}_4$

Pada kegiatan ini, kita akan peroleh sekitar 200 g Kristal tembaga sulfat dan sekitar 50 g tembaga sulfat mentah yang terlarut dalam 150 mL larutan. 50 g tembaga sulfat mentah ini akan kita gunakan untuk menghasilkan tembaga karbonat yang dapat digunakan pada reaksi redoks.

Tembaga sulfat cukup larut dalam air, seperti sodium karbonat dan sodium sulfat, tetapi tembaga karbonat sangat tidak larut dalam air. Perbedaan kelarutan tersebut menguntungkan bagi kita untuk memproduksi, memisahkan dan memurnikan tembaga karbonat. Dengan mereaksikan limbah (cairan sisa saringan) larutan tembaga sulfat dengan larutan sodium karbonat, kita mengendapkan hampir semua

ion tembaga dalam bentuk garam karbonat dan melepaskan sodium sulfat dalam larutan.

- 1) Timbang 50 g sodium karbonat heptahidrat,  $\text{NaCO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dan masukkan kedalam gelas kimia kosong ukuran 250 mL.
- 2) Ukur 100 mL air hangat dengan gelas ukur kemudian tuangkan ke dalam gelas kimia, aduk sampai sodium karbonat terlarut.
- 3) Tuangkan 100 mL larutan sodium karbonat ke dalam gelas kimia berisi larutan tembaga sulfat sambil di aduk.
- 4) Tempatkan lipatan kertas saring di atas corong dan tempatkan gelas kimia kosong dibawah corong. Goyangkan isi gelas kimia dan tuangkan larutan pada kertas saring.
- 5) Bilas endapan dengan 50 mL air, ulangi pembilasan sampai tiga kali. Tahap ini dimaksudkan untuk memindahkan semua sodium sulfat dari endapan serta pengotor-pengotor lainnya.
- 6) Pindahkan kertas saring dari corong kemudian keringkan. Sebelumnya, jika anda mempunyai cukup aseton, anda dapat membilasnya dengan 25 mL sampai 50 mL aseton untuk menghilangkan semua air dan dapat mempercepat tembaga karbonat kering.
- 7) Pindahkan tembaga karbonat ke botol, labeli dan simpan untuk digunakan pada percobaan berikutnya.

Tabel 3.3  
Lembar Pengamatan Pemurnian Tembaga Sulfat

Item	Massa (g)
A. Tembaga sulfat mentah atau kasar	____, ____ g
B. Kertas saring	____, ____ g
C. Kertas saring + $\text{CuSO}_4$ murni	____, ____ g
D. $\text{CuSO}_4$ murni (C – B)	____, ____ g

### **Limbah**

Limbah dari kegiatan ini hanya mengandung Sodium sulfat dan sedikit tembaga. Anda dapat membuangnya pada wastapel dan disiram dengan air yang banyak. Kertas saring bekas dapat dibuang bersama limbah rumah tangga.

### ***Post Test***

1. Kelarutan tembaga sulfat pentahidrat adalah 2033 g/L pada suhu 100°C, berarti 305 g dapat terlarut dalam 150 mL air 100°C. Jelaskan mengapa anda menggunakan tembaga sulfat mentah hanya 250 g lebih sedikit dari 305 g?
2. Anda mendapatkan hasil sekitar 80% (sekitar 200 g tembaga sulfat murni dari 250 g tembaga sulfat kasar). Anda mungkin dapat meningkatkan sedikit persentase hasil yang diperoleh dengan melarutkan tembaga sulfat kasar lebih dari 250 g, tetapi metode terbaik adalah yang dapat menghasilkan sekitar 1/6 dari tembaga sulfat kasar terbuang menjadi limbah. Metode apa yang dapat anda gunakan untuk memperoleh persen hasil yang lebih tinggi?
3. Seorang kimiawan menginginkan tembaga sulfat dengan kemurnian 99,9% untuk tujuan riset tertentu. Dia telah melakukan rekristalisasi, namun dia hanya mendapatkan tembaga sulfat dengan kemurnian 99,4%. Apa yang mungkin bisa dia lakukan untuk mendapatkan tembaga sulfat dengan kemurnian 99,9% atau lebih tinggi?



# BAB IV

## KONSENTRASI LARUTAN

---

### A. SATUAN KONSENTRASI LARUTAN

Larutan merupakan campuran homogen antara dua atau lebih zat berbeda jenis. Ada dua komponen utama pembentuk larutan, yaitu zat terlarut (*solute*), dan pelarut (*solvent*). Fasa larutan dapat berupa fasa gas, cair, atau fasa padat bergantung pada sifat kedua komponen pembentuk larutan<sup>52</sup>.

Berdasarkan banyaknya jenis zat penyusu larutan, dikenal istilah larutan biner (2 jenis zat), larutan terner (3 jenis zat), dan larutan kuarterner (4 jenis zat) dan seterusnya. Menurut sifat hantaran listriknya, di golongan larutan elektrolit dan non elektrolit. Sedangkan ditinjau dari kemampuan suatu zat melarut dalam sejumlah pelarut pada suhu tertentu, dikenal larutan tak jenuh (larutan yang masih mampu melarutkan), larutan jenuh (larutan yang mengandung jumlah zat terlarut maksimal), dan larutan lewat jenuh (larutan yang mengandung jumlah zat terlarut melebihi maksimal, sehingga membentuk endapan)<sup>53</sup>.

Pelarutan atau melarut dapat diartikan sebagai terdispersinya molekul-molekul zat terlarut ke dalam molekul pelarut (gula dalam air, minyak dalam air, alkohol dalam air,  $\text{CCl}_4$  dalam benzena), atau berinteraksinya molekul atau ion zat terlarut dengan molekul-molekul pelarut<sup>54</sup>.

Karakteristik yang paling penting dari suatu larutan adalah konsentrasi. Konsentrasi adalah istilah umum yang digunakan untuk menyatakan jumlah zat dalam jumlah tertentu campuran.

---

<sup>52</sup> Mulyono HAM, *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. (Jakarta: Bumi Aksara.2008),1

<sup>53</sup> Ibid, 2

<sup>54</sup> Ibid, 3

Larutan encer adalah larutan yang mengandung jumlah zat terlarut sedikit per volume pelarut. Larutan pekat adalah larutan yang mengandung jumlah zat terlarut relatif lebih besar atau lebih banyak per volume pelarut. Larutan jenuh adalah larutan yang mengandung jumlah maksimum zat terlarut yang masih mampu larut pada volume pelarut pada suhu tertentu. Larutan jenuh mengandung zat terlarut lebih dari kemampuan pelarut melarutkan.<sup>55</sup>

Untuk berbagai keperluan, nilai konsentrasi spesifik larutan sangat penting. Kimiawan menyatakan konsentrasi dalam berbagai cara seperti massa, volume, dan jumlah mol zat terlarut dalam pelarut. Cara lain juga seperti *parts per million* (ppm) banyak digunakan terutama pada analisis *trace* logam atau bidang ilmu lingkungan.

Berikut adalah beberapa metode yang digunakan untuk menyatakan konsentrasi tertentu<sup>56</sup>.

## 1. Molaritas

Molaritas, disingkat mol/L atau M, menyatakan jumlah mol zat terlarut per liter larutan. Molaritas adalah yang paling umum digunakan untuk menyatakan konsentrasi. Kata "molaritas" dengan simbol satuannya M adalah istilah yang sudah lama. Penggantinya yang baru dan resmi adalah jumlah konsentrasi substansi dengan satuan mol/dm<sup>3</sup>. Keuntungan menggunakan molaritas untuk menentukan konsentrasi adalah karena berhubungan dengan mol sehingga mudah dalam pengerjaannya. Sedangkan kelemahannya adalah mengukur volume yang akurat jauh lebih sulit daripada mengukur massa yang akurat. Dengan kelemahan ini sehingga menjadi sulit membuat larutan dengan molaritas yang tepat. Selain itu, molaritas larutan berubah dengan perubahan suhu,

---

<sup>55</sup> Robert Bruce Thompson, 121

<sup>56</sup> Ibid,122

karena massa zat terlarut tetap sama sedangkan volume larutan berubah terhadap suhu.

Berikut adalah persamaan perhitungan molaritas (M):

$$\text{Molaritas zat A} = \frac{\text{mol A}}{1 \text{ L larutan}} = \frac{\text{mmol A}}{\text{mL larutan}} \dots\dots\dots(4.1)$$

atau

$$\text{Molaritas zat A} = \frac{\text{gram}_A \times 1000}{M_{rA} \times \text{mL larutan}} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 \text{ dan } 1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$$

## 2. Molalitas

Molalitas, disingkat mol/kg atau m, yaitu menyatakan jumlah mol zat terlarut per kilogram pelarut. Keuntungan menggunakan molalitas untuk menyatakan konsentrasi zat terlarut adalah massa pelarut tidak berubah dengan perubahan suhu atau tekanan, jadi molalitas tetap konstan di bawah kondisi perubahan lingkungan. Molalitas digunakan terutama pada pekerjaan yang melibatkan sifat koligatif larutan. Untuk larutan encer dengan pelarut air (*aqueous*), molaritas dan molalitas hampir sama, karena hampir seluruh massa larutan ini dicatat sebagai massa pelarut (air), dimana massa air pada suhu kamar hampir tepat satu kilogram per liter.

Berikut adalah persamaan perhitungan molalitas (m):

$$\text{molalitas zat A} = \frac{\text{mol A}}{1 \text{ kg pelarut}} = \frac{\text{mol A}}{1000 \text{ g pelarut}} \dots\dots(4.3)$$

atau

$$\text{molalitas zat A} = \frac{\text{gram}_A \times 1000}{M_{rA} \times \text{g pelarut}} \dots\dots\dots (4.4)$$

## 3. Normalitas

Normalitas, disingkat N, menyatakan jumlah ekuivalen gram zat terlarut per liter larutan (bukan per liter pelarut). Konsep gram ekuivalen memperhitungkan pelarutan garam ionik dalam larutan. Sebagai contoh, 1,0 M larutan kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>) dapat dibuat dengan melarutkan satu mol (111,0 g) kalsium klorida anhidrat dalam air dan membuat

volumenya menjadi 1,0 liter. Kalsium klorida terdisosiasi dalam larutan menjadi satu mol ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan dua mol ion klorida ( $2\text{Cl}^-$ ). Maka dalam hal ini larutan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 1,0 N, sedangkan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) 2,0 N. Dengan demikian, maka tidak tepat melabeli larutan kalsium klorida ( $\text{CaCl}_2$ ) dengan 1,0 N atau 2,0 N, kecuali mencantumkan spesi ion yang menjadi acuan.

Asam dan basa sering dilabeli dengan normalitas, diasumsikan bahwa normalitas untuk asam mengacu pada konsentrasi ion hidronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dan normalitas untuk basa mengacu pada konsentrasi ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Untuk asam monoprotik seperti asam klorida ( $\text{HCl}$ ) dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), nilai normalitas dan molaritas adalah sama, karena asam ini terdisosiasi dalam larutan menghasilkan hanya satu mol ion hidronium per mol asam. Untuk asam diprotik seperti asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), normalitasnya adalah dua kali molaritas, karena satu mol asam terdisosiasi dalam larutan membentuk dua mol ion hidronium. Untuk asam triprotik seperti asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), normalitas adalah tiga kali molaritas, karena dalam larutan asam ini menghasilkan tiga ion hidronium per molekul asam. Demikian juga dengan basa, molekul dwibasa seperti barium hidroksida,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , terdisosiasi dalam larutan menghasilkan dua mol hidroksida per mol senyawa, sehingga normalitas larutan dari senyawa ini adalah dua kali molaritas senyawa tersebut.

#### 4. Persen Massa-Massa

Persentase massa, juga disebut persentase berat-berat atau % (b/b), yaitu menyatakan massa zat terlarut sebagai persentase dari total massa larutan. Misalnya, melarutkan 20,0 g sukrosa di dalam 80,0 g air menghasilkan massa larutan 100 g, jadi persentase massa larutan sukrosa adalah 20% b/b. Persentase massa sering digunakan untuk menentukan konsentrasi asam pekat. Misalnya, pada botol reagen asam

klorida tertulis 37% HCl, yang berarti bahwa dalam 100 g larutan mengandung 37 g HCl terlarut. (Larutan seperti ini sering juga disertai dengan data berat jenis (b<sub>j</sub>) larutan, yang memungkinkan kita lebih mudah mengukur secara volumetrik dari pada massa larutan).

Persamaan perhitungan persen massa adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ massa A} = \frac{\text{massa A}}{\text{massa A} + \text{massa pelarut}} \times 100\% \dots(4.5)$$

## 5. Persen Massa-Volume

Persentase massa-volume, disebut juga persentase berat-volume atau b/v, yaitu menyatakan persen massa zat terlarut dari total volume larutan. Misalnya, dilarutkan 5,0 g iodine dalam etanol dan membuat volume akhirnya menjadi 100,0 mL, menghasilkan 100 mL larutan iodine 5% b/v. Persentase massa/volume sering digunakan untuk menyatakan konsentrasi indikator seperti phenolphthalein (pp) dan reagen lain yang biasa digunakan dengan cara ditetaskan.

## 6. Persen Volume-Volume

Persentase volume-volume disingkat % (v/v), menyatakan persentase volume zat terlarut dari total volume larutan, dan sering digunakan pada saat membuat campuran dari dua cairan. Misalnya, larutan etanol 40% v/v dapat dibuat dengan mengukur 40 mL larutan etanol 100% dan ditambahkan air sampai volumenya 100 mL.

$$\% \text{ volume A} = \frac{\text{volume A}}{\text{volume A} + \text{volume pelarut}} \times 100 \dots(4.6)$$

## 7. Larutan Standar

Larutan standar digunakan untuk analisis kuantitatif dan dibuat sampai tingkat akurasi yang diperlukan. Biasanya larutan standar yang akurat dibuat dengan empat angka penting atau lima angka penting (seperti 1,001 M atau

1,0004M) dan distandarisasi lagi dengan larutan standar (larutan yg sudah diketahui konsentrasinya sangat akurat). Misalnya, untuk membuat 1 L larutan natrium karbonat 1,0000 M membutuhkan satu mol (105,99 g) natrium karbonat. Anda menimbang sodium karbonat sedekat mungkin dengan nilai 105,99 g, tetapi sebenarnya mengenai jumlah kurang penting dibandingkan mencatat massa sebenarnya sampai ketelitian 0,01 g. Kemungkinan yang bisa terjadi misalnya, berakhir dengan 106,48 g natrium karbonat (atau 104,37 g), tetapi yang penting adalah anda mengetahui bahwa massa diukur dengan ketelitian 0,01 g. Setelah anda mencatat massa sebenarnya, masukkan ke dalam labu ukur 1 L, yang berisi 800 mL akuades kemudian aduk sampai zat terlarut larut. Selanjutnya bilas natrium karbonat yang masih tersisa pada wadah timbangan dengan sedikit aquades, isi labu sampai beberapa sentimeter sebelum tanda batas. Campurkan larutan dengan cara digerakkan dan diputar-putar secara perlahan, kemudian gunakan pipet untuk mengisi labu sampai tanda batas.

Saat ini, anda telah memiliki 1 L larutan natrium karbonat dengan konsentrasi yang diketahui dengan tingkat akurasi yang tinggi. Untuk memverifikasi konsentrasi yang tepat, larutan dapat dititrasi dengan larutan standar.

## 8. Larutan Stok

Larutan stok adalah larutan pekat dari bahan kimia yang stabil, sering tersedia dalam keadaan jenuh atau hampir jenuh, larutan ini biasanya diencerkan dulu sebelum digunakan. Larutan stok dapat dibeli atau dibuat. Contoh yang paling umum larutan stok adalah larutan asam pekat (seperti asetat, klorida, nitrat, dan asam sulfat), beberapa larutan basa (seperti amonia berair), dan bahan kimia cair umum lainnya, seperti hidrogen peroksida pekat dan formalin.

## Rangkuman

Larutan merupakan campuran homogen antara dua atau lebih zat berbeda jenis. Ada dua komponen utama pembentuk larutan, yaitu zat terlarut (*solute*), dan pelarut (*solvent*). Fasa larutan dapat berupa fasa gas, cair, atau fasa padat bergantung pada sifat kedua komponen pembentuk larutan.

Berdasarkan banyaknya jenis zat penyusu larutan, dikenal istilah larutan biner (2 jenis zat), larutan terner (3 jenis zat), dan larutan kuartener (4 jenis zat) dan seterusnya. Menurut sifat hantaran listriknya, di golongkan larutan elektrolit dan non elektrolit. Sedangkan ditinjau dari kemampuan suatu zat melarut dalam sejumlah pelarut pada suhu tertentu, dikenal larutan tak jenuh (larutan yang masih mampu melarutkan), larutan jenuh (larutan yang mengandung jumlah zat terlarut maksimal), dan larutan lewat jenuh (larutan yang mengandung jumlah zat terlarut melebihi maksimal, sehingga membentuk endapan).

### *Pre Test*

1. Apa yang dimaksud larutan? Uraikan contoh masing-masing.
2. Sebutkan jenis keompok larutan!
3. Apa keuntungan dan kelemahan menggunakan satuan konsentrasi molaritas?
4. Apa keuntungan menggunakan molalitas?
5. Kapan molaritas larutan sama dengan molalitasnya?
6. Apa yang menjadi acuan normalitas untuk larutan asam dan basa?
7. Apa perbedaan antara larutan standar, larutan stok, dan larutan kerja?

## **B. EKSPERIMEN**

### **1. Membuat Molaritas Larutan (M) dari Bahan Padat**

Pada kegiatan laboratorium ini, akan dibuat larutan stok tembaga (II) sulfat 100 mL. Walaupun larutan ini tidak

distandarisasi, tetapi anda harus berupaya untuk mendapatkan konsentrasi yang seakurat mungkin dengan menimbang massa dan mengukur volume dengan teliti dan hati-hati.

Pertanyaan pertama yang memerlukan jawaban adalah bagaimana konsentrasi larutan stok sebaiknya? Idelnya kita menginginkan larutan dengan konsentrasi tinggi namun tidak sampai jenuh. (Kita tidak ingin larutan tembaga sulfat mengkristal jika terjadi perubahan suhu di laboratorium menjadi lebih dingin dari biasanya atau terjadinya penguapan pelarut). Jadi, hal pertama yang perlu anda tentukan adalah molaritas jenuh larutan tembaga sulfat pada suhu kamar. Dari molaritas jenuh tersebut anda dapat menentukan molaritas berapa larutan stok sebaiknya, dan menghitung jumlah tembaga sulfat yang diperlukan untuk membuat 100 mL larutan stok dengan konsentrasi tersebut. Untuk itu perhatikan dan ikuti tahapan proses berikut:<sup>57</sup>

- a. Lihat data tembaga sulfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) dalam buku referensi, catat data seperti kelarutannya pada suhu 20 °C adalah 317 g/L dan massa rumusnya 249,7 g/mol.
- b. Tentukan molar jenuh larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dengan cara membagi 317 g/L dengan 249,7 g/mol dan diperoleh 1,27 mol/L atau 1,27 M.
- c. Untuk menghindari larutan mengkristal pada suhu yang lebih rendah, maka anda dapat membuat larutan stok dengan konsentrasi 1,00 M atau 1 mol/L.
- d. Karena hanya membuat larutan stok 100 mL (0,1 L), maka diperlukan 0,1 mol tembaga sulfat.
- e. Diketahui bahwa massa rumus tembaga sulfat pentahidrat adalah 249,7 g/mol, maka diperlukan 24,97 g tembaga sulfat pentahidrat untuk 100 mL larutan.

---

<sup>57</sup> Ibid,127

- f. Jika pada label botol atau kemasan tembaga sulfat pentahidrat tertulis kadar  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  adalah 99,0%, maka untuk mendapatkan 24,97 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dapat diperoleh dengan cara membagi 24,97 g dengan 0,99 (99%) sehingga diperoleh 25,22 g. Jadi jumlah zat dalam botol atau kemasan yang harus diambil untuk membuat larutan stok 100 mL 1,00 M adalah 25,22 g.

### Alat dan Bahan

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1) Kaca mata pelindung | 8) Tetes mata  |
| 2) Sarung tangan       | 9) Botol semprot   |
| 3) Timbangan           | 10) Botol reagen   |
| 4) Labu ukur 100 mL    | 11) Label  |
| 5) Gelas ukur 100 mL   | 12) Akuades  |
| 6) Gelas kimia 150 mL  | 13) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$<br>(25,22 g) |
| 7) Corong              |  |

### Prosedur:<sup>58</sup>

- 1) Gunakan kaca mata pelindung, jas lab, dan sarung tangan.
- 2) Timbang dengan teliti 25,22 g tembaga sulfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), catat massa sebenarnya yang terukur.
- 3) Gunakan gelas ukur untuk mengukur sekitar 85 mL akuades, kemudian tuangkan ke dalam gelas kimia.
- 4) Masukkan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ke dalam gelas kimia, pastikan semua masuk ke dalam gelas kimia dan tidak ada kristal yang tersisa di kertas timbangan.
- 5) Aduk secara perlahan sampai semua  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  larut, proses ini mungkin membutuhkan waktu agak lama karena larutan ini mendekati jenuh.

---

<sup>58</sup> Ibid 127

- 6) Letakkan corong di mulut labu ukur kemudian tuangkan larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  secara hati-hati.
- 7) Gunakan botol semprot untuk membilas sisi-sisi gelas kimia sekitar 2 atau 3 mL, kemudian tuangkan ke dalam labu air bilasan tersebut, dan bilas juga corong yang anda gunakan tersebut. Hati-hati jangan sampai kebanyakan. Ulangi pembilasan tersebut dengan 2 atau 3 mL akuades untuk memastikan semua  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  masuk ke dalam labu ukur, proses ini disebut kuantitatif transfer.
- 8) Pindahkan corong kemudian gunakan pipet tetes untuk menambahkan akuades sampai garis batas.
- 9) Tutup labu ukur kemudian bolak-balikkan labu secara perlahan untuk mencampurkan larutan.
- 10) Gunakan massa yang anda catat pada langkah 2 untuk menghitung molaritas. Periksa angka pentingnya, dan catat pada label beserta tanggal pembuatan larutan.
- 11) Cuci gelas kimia, corong, gelas ukur, labu beserta tutupnya dengan air keran, bilas dengan akuades kemudian keringkan di rak pengering.

Dalam hal ini, perhitungannya mungkin sederhana; misalnya jika membuat larutan 1/10 dari satu liter larutan 1 M, maka dibutuhkan 0,1 mol zat terlarut. Tetapi jika membuat volume dan molaritas yang lain, perhitungannya mungkin menjadi sedikit lebih rumit. Misalnya, untuk menentukan berapa banyak zat terlarut yang diperlukan untuk membuat larutan tembaga sulfat 25 mL 0,75 M, maka anda dapat menghitungnya dengan persamaan sebagai berikut:

$$(25 \text{ mL}) \cdot (1 \text{ L}/1000 \text{ mL}) \cdot (0,75 \text{ mol/L}) \cdot (249,7 \text{ g/mol}) = 4,68 \text{ g}$$

Tabel 4.1  
Lembar Pengamatan Beberapa larutan Stok<sup>59</sup>

Senyawa	Rumus	Berat rumus	Nomin al M	Volum	Massa perhitungan	Massa sebenarnya	M sebenarnya
Tembaga sulfat pentahidrat	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	249,68 g/mol	1,0 M	100 mL	25,22 g	25,34 g	1,005 M
Aluminium nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Barium klorida		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Kromium (III) nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Kobalt (II) nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Tembaga (II) nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Besi (III) nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Besi (II) sulfat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Timbal nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Magnesium sulfat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Nikel(II) nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Potasium bromida		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Potasium kromat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Potasium ferrosianida		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Potassium iodida		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Potasium permanganat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Silver nitrat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Sodium carbonat		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M
Sodium hidroksida		___ g/mol	___ M	100 mL	___ g	___ g	___ M

<sup>59</sup> Ibid 128

Contoh Label larutan:

<p style="text-align: center;"><b>Copper(II) Sulfate</b> <b>1,00 M</b> CuSO<sub>4</sub> • 159,60 g/mol 159,6 mg/mL • 1g per 6,27 mL</p>	<p style="text-align: center;"><b>Aluminum Nitrat</b> <b>1,00 M</b> Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> • 212,9962 g/mol 213,0 mg/mL • 1g per 4,69 mL</p>
---	--

### ***Post Test***

1. Sebutkan minimal lima faktor yang menyebabkan molaritas sebenarnya berbeda dengan molaritas hasil perhitungan!
2. Pada Tabel 4.1 di atas diasumsikan kebutuhan larutan 100 mL, sedangkan ada beberapa larutan (misalnya seperti perak nitrat) mungkin anda akan membutuhkannya dengan jumlah yang lebih sedikit karena bahannya mahal atau mungkin anda memang akan menggunakannya sedikit. Demikian juga sebaliknya, ada beberapa jenis larutan yang mungkin anda akan membuatnya dengan volume yang lebih besar karena bahannya murah atau akan anda gunakan dalam jumlah lebih besar. Sebut dan jelaskan alasan lain sebagai pertimbangan anda dalam membuat larutan dengan volume tertentu!

## **2. Membuat Molalitas Larutan (m) dari Bahan Padat**

Pada kegiatan laboratorium ini anda akan membuat larutan potasium ferrisianida. Walaupun larutan ini tidak akan di standarisasi, tapi anda harus berupaya untuk membuatnya seakurat mungkin.

Langkah pertama pada setiap kali akan membuat larutan stok adalah mencari data tentang konsentrasi jenuh dari larutan yang akan dibuat, kemudian setelah itu baru dapat

menentukan berapa banyak jumlah bahan kimia yang diperlukan. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:<sup>60</sup>

- a. Lihat data potasium ferrisianida,  $K_3[Fe(CN)_6]$  dalam buku referensi, catat data seperti kelarutannya pada suhu  $20\text{ }^\circ\text{C}$  adalah  $330\text{ g/L}$  dan massa rumusnya  $329,24\text{ g/mol}$ .
- b. Tentukan molar jenuh larutan  $K_3[Fe(CN)_6]$  dengan cara membagi  $330\text{ g/L}$  dengan  $329,24\text{ g/mol}$  dan diperoleh  $1,00\text{ mol/L}$  atau  $1,00\text{ M}$ .
- c. Untuk menghindari larutan mengkristal pada suhu yang lebih rendah, maka anda dapat membuat larutan stok dengan konsentrasi  $0,50\text{ M}$  atau  $0,50\text{ mol/L}$ . Anda dapat saja membuat  $0,60\text{ M}$ ,  $0,75\text{ M}$  atau lainnya seperti  $0,90\text{ M}$ . Tetapi membuat konsentrasi dengan angka yang mudah akan memudahkan anda dalam menangani perhitungan larutan pada kegiatan-kegiatan laboratorium lainnya.
- d. Satu molal ( $1\text{ m}$ ) larutan didefinisikan sebagai satu mol zat terlarut dalam satu kilogram pelarut. Karena hanya membuat larutan  $0,50$  molal dengan  $100\text{ g}$  air sebagai pelarut, maka diperlukan  $0,05\text{ mol}$  kalium ferrisianida.
- e. Diketahui bahwa massa rumus  $K_3[Fe(CN)_6]$  adalah  $329,24\text{ g/mol}$ , maka diperlukan  $16,46\text{ g}$  Kalium ferrisianida.
- f. Jika pada label botol atau kemasan Kalium ferrisianida tertulis kadar  $99,0\%$ , maka untuk mendapatkan  $16,46\text{ g}$   $K_3[Fe(CN)_6]$  dapat diperoleh dengan cara membagi  $16,46\text{ g}$  dengan  $0,99$  ( $99\%$ ) sehingga diperoleh  $16,63\text{ g}$ . Jadi jumlah zat dalam botol atau kemasan yang harus diambil untuk membuat larutan adalah  $16,63\text{ g}$  ( $0,0500\text{ mol}$ ).

---

<sup>60</sup> Ibid,126

## Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas Lab)
- 2) Timbangan
- 3) Gelas kimia 150 mL
- 4) Corong
- 5) Tetes mata
- 6) Botol pencuci atau botol semprot
- 7) Botol reagen atau botol penyimpanan
- 8) Label
- 9) Kalium ferrisianida (16,63 g)
- 10) Akuades

## Prosedur:

- 1) Gunakan kaca mata pelindung, jas lab, dan sarung tangan.
- 2) Timbang dengan tepat 16,63 g Kalium ferrisianida ( $K_3[Fe(CN)_6]$ ), catat massa yang terukur sampai ketelitian 0,01 g.
- 3) Masukkan  $K_3[Fe(CN)_6]$  ke dalam gelas kimia, pastikan semua masuk ke dalam gelas kimia dan tidak ada kristal yang tersisa di kertas timbangan. Letakkan gelas kimia di atas timbangan, kemudian nolkan dengan cara menekan tombol “Zero”.
- 4) Setelah pembacaan pada layar neraca 0,00 g, tambahkan akuades ke dalam gelas kimia menggunakan botol semprot sampai beratnya mendekati 100,00 g. Setelah itu gunakan pipet tetes untuk menambahkan sampai tepat atau sedekat mungkin 100,00 g. Lakukan pembacaan sampai ketelitian 0,01 g dan catat hasilnya.
- 5) Aduk sampai semua  $K_3[Fe(CN)_6]$  larut. Gunakan corong untuk memindahkan  $K_3[Fe(CN)_6]$  ke dalam botol penyimpanan.

- 6) Gunakan massa yang anda catat pada tahap 2 untuk menghitung molalitas. Periksa angka pentingnya, dan catat pada label beserta tanggal pembuatan larutan.
- 7) Cuci gelas kimia, corong, labu beserta tutupnya dengan air keran, bilas dengan akuades kemudian keringkan di rak pengering.

Peringatan!  
Kalium ferrisianida bersifat iritan, dapat mengiritasi kulit dan mata jika terjadi kontak.

### ***Post Test***

1. Anda telah membuat larutan stok 0,5 molal. Informasi atau data apa yang anda perlukan untuk dapat menghitung molaritas larutan tersebut? Jelaskan setidaknya dua prosedur yang dapat anda gunakan untuk menentukan molaritas larutan tersebut!
  2. Setelah anda melarutkan  $K_3[Fe(CN)_6]$  anda tidak membilas gelas kimia dan menuangkannya ke dalam botol penyimpanan. Mengapa? Jelaskan
  3. Jelaskan! kapan molalitas larutan lebih bermanfaat daripada molaritasnya?
- ### **3. Membuat Molaritas Larutan (M) dari Bahan Kimia Cair**

Beberapa bahan kimia yang umum di laboratorium seperti asam sulfat berwujud cair pada suhu dan tekanan standar. Banyak juga bahan kimia yang lain seperti amonia, dan asam klorida berwujud gas, tetapi disimpan dan digunakan dalam bentuk larutan cair pekat. Kedua jenis larutan tersebut akan ditangani dengan cara yang sama yaitu dengan teknik pengenceran untuk mendapatkan larutan kerja dengan molaritas tertentu yang diperlukan.

Pada kegiatan laboratorium ini anda akan membuat larutan HCl 100 mL 1,00 M dengan teknik pengenceran. Untuk memudahkan kerja anda, pada label botol kemasan HCl terdapat beberapa data dan informasi yang anda perlukan seperti:

- a. Persen massa antara 36% - 38%, yang berarti bahwa dalam 100 g larutan HCl terdapat 36 g atau 38 g HCl terlarut.
- b. Berat jenis larutan kisaran antara 1,79 g/mL dan 1,89 g/mL.
- c. Molaritas antara 11,64 M dan 12,39 M.

Jika membuat larutan 1,0 M, dengan mengasumsikan larutan HCl pekat dengan molar 12,0 M, maka dapat dilakukan dengan menambahkan 1 bagian HCl pekat ke dalam 11 bagian akuades. Karena ingin membuat 100 mL larutan 1,0 M, maka jumlah bagian (mL) larutan HCl pekat yang akan diambil dapat ditentukan dengan membagi 100 mL dengan 12 bagian sehingga diperoleh 8,33 mL. 8,33 mL larutan HCl kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur dan diencerkan menjadi 100 mL.

Cara lain yang akurasi dan presisinya lebih tinggi yaitu dengan menggunakan data presentase massa (gravimetri) dan berat jenis (volumetrik). Untuk membuat larutan dengan menggunakan data persen massa, langkah pertama yang anda harus lakukan adalah menghitung jumlah mol zat terlarut yang diperlukan. Misalnya untuk membuat larutan HCl 100 mL (0,1 L) 1 M, maka anda memerlukan 0,1 mol HCl (dimana  $0,1 \text{ mol}/0,1 \text{ L} = 1 \text{ M}$ ). Diketahui massa rumus HCl 36,5 g/mol, sehingga massa yang diperlukan adalah 3,65 g HCl. Jika persentase massa asam HCl pekat 37% (0,37), maka dengan membagi 3,65 g HCl dengan 0,37 (37%) diperoleh massa HCl pekat sebesar 9,87 g. Untuk mendapatkan massa larutan ini dapat dilakukan dengan menempatkan gelas kimia di atas

timbangan kemudian dinolkan, dan selanjutnya ditambahkan larutan HCl pekat sampai beratnya terbaca 9,87 g<sup>61</sup>.

Jika anda lebih memilih mengukur asam pekat secara volumetrik daripada gravimetri, maka anda perlu mengetahui kerapatan (berat jenis) larutan HCl pekat. Untuk menghitung volume asam pekat yang memiliki massa 9,87 g, dapat dilakukan dengan cara membagi massa yang diperlukan tersebut dengan kerapatan larutan HCl pekat. Volume HCl pekat yang diperlukan adalah  $9,87/1,18 = 8,36$  mL.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Timbangan
- 3) Labu ukur 100 mL
- 4) Gelas ukur 10 mL
- 5) Gelas kimia 150 mL
- 6) Tetes mata
- 7) Corong
- 8) Botol pencuci atau botol semprot
- 9) Botol reagen atau botol penyimpanan
- 10) Label
- 11) HCl 37 % (8,33 mL)
- 12) Akuades

### **Prosedur:**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, jas lab, dan sarung tangan.
- 2) Letakkan di atas timbangan gelas ukur yang bersih dan kering ukuran 100 mL. Tekan tombol Zero agar terbaca 0,00 g.
- 3) Gunakan pipet untuk memindahkan HCl pekat ke dalam gelas ukur sampai sedekat mungkin dengan massa 9,85 g.

---

<sup>61</sup> Ibid, 136-137

Apabila anda sudah mentransfer lebih dari 8,3 mL seharusnya anda sudah mendapatkan massa mendekati 9,85 g. Catat massa yang anda peroleh dari pengukuran ini.

- 4) Isi labu ukur 100 mL dengan akuades sampai  $\frac{2}{3}$  bagiannya.
- 5) Tuangkan larutan HCl pekat tersebut ke dalam labu ukur melalui corong.
- 6) Gunakan botol semprot untuk membilas sisi-sisi gelas ukur sekitar 2 atau 3 mL, kemudian tuangkan air bilasan tersebut ke dalam labu, dan bilas juga corong yang anda gunakan tersebut. Hati-hati jangan sampai kebanyakan. Ulangi pembilasan terbut dengan 2 atau 3 mL akuades untuk memastikan semua larutan HCl pekat masuk ke dalam labu ukur.
- 7) Gunakan botol semprot untuk menambahkan akuades sampai sekiat 1 cm di bawah garis batas labu ukur.
- 8) Pindahkan corong kemudian gunakan pipet tetes untuk menambahkan akuades sampai garis batas.
- 9) Tutup labu ukur kemudian bolak-balikkan labu secara perlahan untuk mencampurkan larutan.
- 10) Gunakan corong untuk memindahkan larutan ke botol reagen.
- 11) Hitung molaritas larutan, dan labeli larutan.
- 12) Cuci gelas kimia, corong, gelas ukur, labu beserta tutupnya dengan air keran, bilas dengan akuades kemudian keringkan di rak pengering.

### ***Post Test***

1. Anda akan membuat 100 mL larutan asam sulfat 0,5 M. Asam sulfat pekat yang ada di laboratorium anda memiliki kerapatan 1,84 g/mL. Apakah data itu cukup bagi anda untuk membuat larutan 0,5 M? Jika tidak, mengapa? Jika cukup, berapa banyak asam sulfat pekat

yang akan anda encerkan untuk membuat larutan asam sulfat 100 mL 0,5 M?

2. Di laboratorium anda memiliki larutan asam sulfat pekat sebanyak 100 mL. Pada labelnya tertulis 85% dan 1 L = 1,68 kg. Berapa banyak larutan asam sulfa 2,00 M yang dapat anda buat dari 100 mL larutan pekat tersebut?
3. Di Laboratorium, anda memiliki larutan HCl pekat 31,45% b/b. Anda ingin membuat larutan HCl 1 L 1,00 M. Jika anda merasa ragu dengan persentase massa tersebut, anda dapat menghitung ulang dengan cara meletakkan labu ukur 100 mL, kemudian dinolkan sehingga pembacaan 0,00 g, kemudian ditambahkan HCl 100 mL. Catat massanya dan hitung berat jenisnya. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, apakah persentase massa HCl pekat tersebut akurat? Jika tidak, berapa besar perbedaannya?

#### 4. Membuat Persen Massa/Volume Larutan

Kegunaan yang paling umum dari larutan dengan konsentrasi massa/volume di laboratorium kimia adalah untuk membuat indikator. Berikut ini adalah beberapa contoh larutan yang dibuat dengan konsentrasi persen: membuat larutan 1% penolphthalein dalam etanol, larutan *aquaous* phenol red 0,2%, dan 0,4% larutan *aquaous* bromocresol hijau dan bromothymol biru. Misalnya, membuat larutan pp 1% dengan cara melarutkan 1,000 gram bubuk phenolphthalein di dalam etanol, kemudian volumenya dibuat menjadi 100 mL dalam labu ukur.

##### Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Sarung tangan
- 3) Timbangan
- 4) Gelas kimia 150 mL

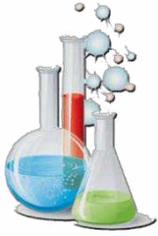
- 5) Gelas ukur 100 mL
- 6) Corong
- 7) Botol penetes ukuran kecil
- 8) Botol penyimpan berlabel
- 9) Botol pencuci atau botol semprot
- 10) Etanol (100 mL)
- 11) Serbuk phenolphthalein (1 g)

**Prosedur:**

- 1) Gunakan kaca mata pelindung, jas lab, dan sarung tangan.
- 2) Letakkan kertas timbangan di atas timbangan, tekan tombol zero sehingga terbaca 0,00 g.
- 3) Timbang 1,00 g serbuk phenolphthalein, kemudian masukkan ke dalam gelas ukur.
- 4) Isi gelas ukur 100 mL dengan 100,00 mL alkohol, kemudian tuangkan alkohol tersebut ke dalam gelas kimia.
- 5) Aduk sampai larut dan bercampur sempurna.
- 6) Gunakan corong untuk memasukkan larutan ke dalam botol penetes, dan masukkan sisanya ke dalam botol penyimpan.
- 7) Tulis data larutan pada label botol.
- 8) Cuci gelas kimia, corong, gelas ukur dengan air keran, bilas dengan akuades kemudian keringkan di rak pengering.

***Post Test***

1. Mengapa molaritas tidak pernah digunakan untuk menyatakan konsentrasi larutan fenolftalein dan indikator lainnya?
2. Untuk jenis larutan apa metode % m/v lebih bermanfaat dari pada molaritas atau yang lainnya untuk menyatakan konsentrasi larutan?



# BAB V

## SIFAT DAN PERUBAHAN MATERI

---

### A. MATERI DAN PERUBAHANNYA

Materi merupakan penyusun segala sesuatu di alam semesta ini. Materi umumnya didefinisikan sebagai segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Contoh: air, udara, batu, kayu, plastik dan lain sebagainya. Setiap materi mempunyai sifat spesifik yang membedakannya dari zat lain. Pada kegiatan laboratorium ini, kita akan mengamati beberapa karakteristik materi, dan juga akan dijelaskan beberapa istilah sains yang menjelaskan karakteristik tersebut.

Zat murni adalah materi yang memiliki semua sifat identik dan komposisi tetap. Sifat fisik merupakan karakteristik suatu zat yang dapat diamati, dan tidak merubah komposisi suatu zat. Sifat fisis yang umum adalah rasa, warna, bau, titik didih dan titik beku, kelarutan, kekerasan, kilap, dan berat jenis. Beberapa sifat fisis tersebut dapat digunakan untuk menerangkan penampilan sebuah objek<sup>62</sup>. Sedangkan sifat kimia merupakan gambaran perilaku suatu zat apabila terjadi perubahan komposisi melalui reaksi dengan zat lain atau terurai menjadi dua atau lebih zat murni yang lain. Kemampuan terbakar dan kemampuan untuk bereaksi dengan air merupakan contoh sifat kimia<sup>63</sup>.

Materi dapat mengalami dua jenis perubahan, yaitu perubahan fisika dan perubahan kimia. Perubahan fisika tidak menyebabkan perubahan komposisi zat, melainkan hanya

---

<sup>62</sup> Ralph H.Petrucci-Suminar, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1*. (Jakarta: Erlangga, 1998), 1.

<sup>63</sup> Susan A. Weiner & Blaine Harrison, *Introduction to Chemical Principles A Laboratory Approach*. (USA: Mary Finci, 2005), 15.

perubahan penampilan saja. Misalnya, ketika tembaga dihancurkan, hanya terjadi perubahan ukuran; tidak ada zat baru yang terbentuk. Sedangkan pada perubahan kimia, zat dikonversi menjadi produk baru dimana semua sifat dan komposisi berbeda dengan zat awal. Misalnya kayu, perubahan kimia terjadi ketika kayu dibakar dengan oksigen diudara, terbentuk karbon dioksida dan uap air sebagai produk baru<sup>64</sup>.

Apabila dua cairan dicampur, campuran tersebut dapat membentuk campuran sempurna. Pada kasus ini, cairan tersebut dikatakan larut atau bercampur. Jika dua cairan tidak saling bercampur, akan membentuk dua lapisan yang berbeda. Cairan yang memiliki berat jenis lebih kecil akan berada di atas cairan yang memiliki berat jenis lebih besar. Apabila padatan ditambahkan dan larut dalam cairan, berarti sifatnya larut dalam air. Campuran yang terbentuk disebut larutan. Jika padatan tidak larut, berarti padatan tersebut memiliki sifat tidak larut<sup>65</sup>.

Apabila dua buah larutan dicampur, kemudian terjadi perubahan kimia atau reaksi kimia, akan membentuk produk baru. Terjadinya reaksi kimia dapat kita buktikan dari beberapa perubahan yang terjadi, diantaranya<sup>66</sup>:

1. *Terbentuk endapan*, atau produk padat. Endapan sering berbentuk atau berukuran sangat halus dan tersebar merata diseluruh bagian larutan, sehingga larutan tampak keruh. Jika dibiarkan, akan mengendap pada dasar wadah. Endapan ini dapat dipisahkan dari cairan dengan cara penyaringan.
2. *Terbentuknya gas*. Gas yang dihasilkan akan keluar dari larutan sebagai gelembung-gelembung gas. Proses ini disebut berbuih.
3. *Terjadi perubahan warna*. Biasanya perubahan warna mengindikasikan terbentuknya produk dengan warna yang

---

<sup>64</sup> Ibid,

<sup>65</sup> Ibid., 16

<sup>66</sup> ibid

tidak sama dengan reaktan. Kadang-kadang warna produk sama dengan warna salah satu reaktan, namun warnanya dapat lebih gelap atau lebih terang.

## **Rangkuman**

Materi didefinisikan sebagai segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang. Zat murni adalah materi yang memiliki semua sifat identik dan komposisi tetap. Sifat fisis merupakan karakteristik suatu zat yang dapat diamati, dan tidak merubah komposisi suatu zat. Sedangkan sifat kimia merupakan gambaran perilaku suatu zat apabila terjadi perubahan komposisi melalui reaksi dengan zat lain atau terurai menjadi dua atau lebih zat murni yang lain. Materi dapat mengalami dua jenis perubahan, yaitu perubahan fisika dan perubahan kimia. Perubahan fisika tidak menyebabkan perubahan komposisi zat, sedangkan pada perubahan kimia, zat dikonversi menjadi produk baru dimana semua sifat dan komposisi berbeda dengan zat awal. Perubahan kimia di tandai dengan terbentuknya endapan, gas, dan perubahan warna.

Apabila dua cairan dicampur, membentuk campuran sempurna maka cairan tersebut dikatakan larut atau bercampur. Jika dua cairan tidak saling bercampur, maka akan membentuk dua lapisan yang berbeda. Cairan dengan berat jenis lebih kecil akan berada di atas cairan yang memiliki berat jenis lebih besar.

## ***Pre Test***

1. Apa yang dimaksud dengan materi?
2. Apa perbedaan zat murni dengan campuran?
3. Mengapa perubahan fisika tidak menyebabkan terbentuknya zat baru? Dan mengapa pula perubahan kimia menyebabkan terbentuknya zat baru?
4. Jika dua cairan dicampur namun tidak saling bercampur, jelaskan bagaimana hal ini terjadi!

**Peringatan!**

Uap trikloroetana, xylena, dan larutan ammonia berpotensi menyebabkan bahaya. Batasi penggunaan cairan tersebut, dan lakukan di dalam lemari asam. Jika cairan tersebut kontak dengan kulit, segera bilas dengan air di seluruh bagian yang terkena kemudian cuci dengan sabun. Pastikan anda menggunakan pelindung mata selama melakukan eksperimen.

**Limbah**

Campuran Trikloroetana dan Xylena dapat dikumpulkan dalam botol tertutup. Jangan dibuang sembarangan. Larutan yang mengandung endapan logam berat tempatkan dalam wadah terpisah.

**B. EKSPERIMEN****1. Mencampur Cairan**

Mengamati sifat dari campuran antar zat cair dengan zat cair yang berbeda sifatnya. Pada eksperimen ini anda akan mengamati sifat dari campuran antara trikloroetana dan akuades.

**Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung
- 2) Trikloroetana
- 3) Akuades
- 4) Methanol
- 5) Xylene
- 6) Tabung reaksi 6 bh

**Prosedur<sup>67</sup>:**

- 1) Masukkan sekitar 20 tetes trikloroetana ke dalam tabung reaksi pertama. Perhatikan perkiraan jumlah ini, karena anda akan melakukan beberapa pengulangan pada eksperimen ini untuk mengestimasi volume.
- 2) Tambahkan sekitar 10 tetes akuades dan kocok secara perlahan tabung reaksi tersebut, atau aduk dengan batang

---

<sup>67</sup> Ibid,17

pengaduk. Apakah kedua cairan tersebut bercampur? Catat pengamatan anda pada baris A Tabel 5.1. (Jika kedua cairan tersebut tidak bercampur, anda bisa tentukan cairan mana yang di atas berdasarkan jumlah relatif dari kedua cairan tersebut, dimana trikloroetana 20 tetes dan akuades 10 tetes. Catat nama cairan yang berada di atas campuran tersebut pada Tabel 5.1.

- 3) Masukkan sekitar 20 tetes akuades ke dalam tabung reaksi kedua. Perhatikan perkiraan jumlah ini, karena anda akan melakukan beberapa pengulangan pada eksperimen ini untuk mengestimasi volume.
- 4) Tambahkan sekitar 10 tetes trikloroetana ke dalam tabung reaksi kedua. Jika cairan tersebut tidak bercampur, perhatikan cairan mana yang berada di bagian atas campuran dan catat pada baris B Tabel 5.1.
- 5) Persiapkan tabung reaksi ke tiga, isi dengan 20 tetes methanol (metil alkohol). Tambahkan 20 tetes akuades ke dalam tabung reaksi tersebut! (Kali ini anda tidak perlu membalikkan posisi dari kedua larutan tersebut mana yang duluan dan mana yang belakangan, seperti pada langkah 1 – 4). Catat dan simpulkan hasil pengamatan anda pada baris C Tabel 5.1.
- 6) Persiapkan tabung reaksi ke empat, ulangi langkah 5 tersebut, kali ini anda menggunakan masing-masing 20 tetes akuades dan xylene. Catat hasil pengamatan anda dan simpulkan seperti sebelumnya pada baris D Tabel 5.1.
- 7) Persiapkan tabung reaksi ke lima yang bersih dan kering (pastikan benar-benar tidak ada air di dalam tabung), lakukan eksperimen sekali lagi, sekarang gunakan masing-masing 20 tetes trikloroetana dan xylene. Catat pengamatan anda pada baris E Tabel 5.1.

Tabel 5.1  
Lembar Pengamatan Pencampuran Larutan

Campuran	Bercampur atau tidak	Larutan yang di atas	$\rho$ cairan yang lebih besar
A Trikloroetana (20 tetes) Air (10 tetes)			
B Air (20 tetes) Trikloroetana (10 tetes)			
C Air (20 tetes) Methanol (20 tetes)			
D Air (20 tetes) Xilena (20 tetes)			
E Trikloroetana (20 tetes) Xilena (20 tetes)			

### **Post Test**

1. Apakah dari hasil pengamatan langkah 1 – 6 kita dapat menentukan cairan mana diantara trikloroetana dan xilena yang lebih berat?
2. Apakah hanya dari hasil pengamatan langkah 7 saja kita dapat menentukan cairan mana diantara trikloroetana dan xilena yang lebih berat? Jika ya, identifikasi cairan mana yang lebih besar berat jenisnya, dan jelaskan jawaban anda; jika tidak jelaskan mengapa!

## **2. Melarutkan Padatan dalam Cairan**

Pada eksperimen bagian ini dan selanjutnya, anda akan membuat larutan.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas Lab)
- 2) Aqua DM (demineralisasi)
- 3)  $\text{BaCl}_2$
- 4) sodium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

- 5) barium sulfat,  $\text{BaSO}_4$
- 6) Tabung reaksi kapasitas  $> 10 \text{ mL}$
- 7) Spatula
- 8) Batang pengaduk

**Prosedur:** <sup>68</sup>

- 1) Isi dua buah tabung reaksi dengan  $10 \text{ mL}$  air deionisasi.
- 2) Tambahkan sejumlah kecil  $\text{BaCl}_2$  pada  $10 \text{ mL}$  air deionisasi dalam tabung reaksi pertama seperti yang dijelaskan di atas. Apakah padatan tersebut larut? Catat pengamatan anda pada baris A Tabel 5.2, dan simpan larutan untuk digunakan pada langkah berikutnya.

Tabel 5.2  
Lembar Pengamatan Pelarutan Zat

Campuran	Pengamatan
A Air deionisasi ( $10 \text{ mL}$ ) + $\text{BaCl}_2$	Larut atau tidak
B Air deionisasi ( $10 \text{ mL}$ ) + $\text{Na}_2\text{SO}_4$	Larut atau tidak
C Isi tabung 1 + Isi tabung 2	Pengamatan awal: Pengamatan setelah 5 – 10 menit:
D Air deionisasi ( $10 \text{ mL}$ ) + $\text{BaSO}_4$	Larut atau tidak

- 3) Tambahkan sejumlah kecil sodium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , pada  $10 \text{ mL}$  air deionisasi dalam tabung reaksi ke dua. Apakah zat padat tersebut larut? Catat pengamatan anda pada baris B Tabel 5.2. Simpan larutan untuk digunakan pada langkah berikutnya.

---

<sup>68</sup> Ibid, 17

- 4) Campurkan isi tabung reaksi yang dihasilkan pada langkah 2 dan 3, gunakan tabung reaksi yang lebih besar. Catat hasil pengamatan anda pada baris C Tabel 5.2. Letakkan tabung reaksi pada rak tabung dan biarkan selama 5 sampai 10 menit dan amati kembali. Catat apa yang anda lihat.
- 5) Tambahkan sedikit barium sulfat,  $\text{BaSO}_4$ , kedalam 10 mL air. Amati apakah senyawa ini larut? Catat hasil pengamatan anda pada baris D Tabel 5.2.

### ***Post Test***

Berdasarkan hasil pengamatan anda pada langkah 2, 3, dan 4, berikan penjelasan hasil pengamatan anda pada langkah 4!

## **3. Mencampur Larutan**

### **Alat dan Bahan**

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1) $\text{FeCl}_3$          | 7) $\text{Na}_2\text{CO}_3$ |
| 2) Air deionisasi           | 8) $\text{CaCl}_2$          |
| 3) KSCN                     | 9) $\text{CuSO}_4$          |
| 4) NaCl                     | 10) $\text{NH}_3$ pekat     |
| 5) $\text{NH}_4\text{NO}_3$ | 11) Tabung Reaksi           |
| 6) HCl                      | 12) Spatula                 |

### **Prosedur<sup>69</sup>:**

- 1) Larutkan sedikit  $\text{FeCl}_3$  ke dalam 2 mL air deionisasi (gunakan tabung reaksi kecil). Pada tabung reaksi yang lain, larutkan sedikit potassium tiosianat, KSCN, dalam 2 mL air deionisasi. Campurkan kedua larutan tersebut dan catat hasil pengamatan anda pada langkah 1 Tabel 5.3.
- 2) Gunakan tabung reaksi kecil, larutkan sedikit NaCl ke dalam 2 mL air deionisasi. Pada tabung reaksi yang lain, larutkan sedikit  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , ke dalam 2 mL air deionisasi.

---

<sup>69</sup> Ibid, 18

Campurkan ke dua larutan tersebut dan catat hasil pengamatan anda pada langkah 2 Tabel 5.3.

- 3) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi kecil, kemudian larutkan sedikit  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Tambahkan 2 sampai 3 tetes asam HCl. Perhatikan secara seksama beberapa ciri berlansungnya reaksi kimia. Catat hasil pengamatan anda pada langkah 3 Tabel 5.3.
- 4) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi ukuran kecil, kemudian larutkan sedikit  $\text{CaCl}_2$ . Pada tabung reaksi yang lain, larutkan sedikit  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dalam air 2 mL. campurkan kedua larutan tersebut dan catat hasil pengamatan anda pada langkah 4 Tabel 5.3.
- 5) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi ukuran kecil, larutkan sedikit  $\text{CuSO}_4$  dengan 2 mL air deionisasi. Tambahkan larutan  $\text{NH}_3$  pekat. Catat hasil pengamatan anda pada langkah 5 Tabel 5.3.

Tabel 5.3  
Lembar Pengamatan Pencampuran Larutan

Langkah	Penggabungan Larutan	Reaksi: Ya / tidak	Tanda
1	Besi(III) klorida Potasium Tiosianat		
2	Sodium klorida Amonium nitrat		
3	Sodium karbonat Asam Hidrogen klorida		
4	Kalsium klorida Sodium karbonat		
5	Tembaga(II) sulfat larutan Amonia		

### ***Post Test***

1. Bedakan antara sifat fisika dan sifat kimia. Berikan contoh masing-masing!
2. Kelompokkan dari masing-masing peristiwa berikut ke dalam perubahan fisika atau perubahan kimia.
  - a. Besi berkarat
  - b. Air mendidih
  - c. Membakar lilin
  - d. Lilin meleleh
3. Sebut dan jelaskan 3 tanda terjadinya reaksi kimia!
4. Apa yang dimaksud pengendapan?



# BAB VI

## TERMOKIMIA

---

### A. KONSEP TERMOKIMIA

Termokimia adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari tentang panas yang dilepaskan atau diserap selama berlangsungnya reaksi kimia, perubahan fisik (seperti pencampuran), dan perubahan fasa (seperti peleburan). Sedangkan kalorimetri berasal dari bahasa latin *calor* yang berarti kalor dan *metrum* yang berarti mengukur. Jadi Kalorimetri adalah teknik yang digunakan untuk mengukur perubahan kalor yang terjadi pada proses reaksi kimia, perubahan fisik, dan perubahan fase.

Panas dan suhu saling berhubungan tetapi bukan merupakan konsep yang sama. Suatu sampel bisa saja memiliki panas yang sedikit, tetapi suhunya bias sangat tinggi, atau sebaliknya. Misalnya, percikan api yang keluar dari roda gerinda adalah partikel kecil dari logam yang terbakar. Suhunya sangat tinggi bisa mencapai 1.000 °C atau bahkan lebih tinggi tetapi partikelnya hanya mengandung sedikit panas, karena massa masing-masing partikelnya kecil hanya sepersekian miligram. Jika salah satu partikel itu mengenai kulit, mungkin kita tidak merasakannya. Sebaliknya, satu liter air mendidih pada suhu yang relatif rendah, hanya 100 °C, tetapi massa air dalam jumlah besar (kilogram) sehingga menyimpan panas yang cukup besar. Jika air itu mengenai kulit maka akan sangat terasa dan menyebabkan luka bakar parah<sup>70</sup>. Jadi jumlah

---

<sup>70</sup> Robert Bruce Thompson, “*Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments*”. USA:Dale Doughert. 2008.

panas tergantung pada jumlah massa zat, sedangkan suhu tidak tergantung pada jumlah massa zat.

Mengukur perubahan suhu secara akurat dan tepat adalah dasar dari termokimia. Menggunakan alat ukur suhu digital (termometer) dapat mengukur suhu hingga ketelitian  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Menggunakan termometer standar dapat menurunkan akurasi dan presisi, namun akurasi dapat ditingkatkan dengan melakukan interpolasi pengukuran dengan cara memperkirakan nilai suhu di antara dua tanda suhu. Dengan menggunakan termometer laboratorium standar 300 mm, biasanya dimungkinkan untuk menginterpolasi angka yang akurat hingga  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dengan termometer yang lebih panjang, atau dengan jarak skala yang lebih sempit, dimungkinkan untuk melakukan interpolasi hingga  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Pada bab kegiatan laboratorium ini akan difokuskan pembahasan pada kegiatan eksperimen tentang panas larutan, panas fusi (peleburan) es, panas jenis (kalor jenis) logam, dan perubahan entalpi.

### **Panas Larutan**

Panas larutan sering disebut sebagai perubahan entalpi larutan, yaitu panas yang diserap atau dilepaskan ketika zat terlarut dilarutkan dalam pelarut. Pelarutan adalah proses kompleks yang melibatkan penyerapan dan pelepasan panas (energi). Energi diserap (energi endotermik) untuk memutus gaya tarik antara molekul zat terlarut dan gaya tarik antara molekul pelarut. Sebaliknya, energi dilepaskan (energi eksotermik) sebagai bentuk dari gaya tarik menarik baru antara molekul zat terlarut dan molekul pelarut. Selisih bersih antara energi yang diserap dan energi yang dilepaskan per mol zat terlarut didefinisikan sebagai panas larutan.

Untuk pelarut tertentu, beberapa zat terlarut mempunyai panas pelarutan positif (endotermik), karena menyerap energi untuk memutuskan ikatan antar zat terlarut-zat terlarut dan ikatan zat pelarut-pelarut. Energi yang diserap ini lebih besar daripada

energi yang dilepaskan pada saat pembentukan ikatan zat terlarut-pelarut. Pelarutan zat seperti itu menurunkan suhu larutan relatif terhadap suhu awal pelarut. Sedangkan zat terlarut yang memiliki panas pelarutan negatif (eksotermik), menyerap energi untuk memutuskan ikatan antar zat terlarut-zat terlarut dan pelarut-pelarut lebih kecil daripada yang dilepaskan pada pembentukan ikatan zat terlarut-pelarut. Zat dengan panas pelarutan negatif menyebabkan suhu larutan meningkat. (Ingat, panas larutan didefinisikan sebagai energi endotermik dikurangi energi eksotermik, jadi melarutkan senyawa dengan kalor pelarutan negatif menyebabkan suhu larutan meningkat.)<sup>71</sup>

### **Panas Fusi Es**

Jika anda memberikan panas ke sistem campuran yang terdiri dari fase padat dan cair, suhu sistem tidak akan meningkat sampai semua zat padat diubah menjadi cair. Energi panas yang diberikan diserap (tampa menaikkan suhu system) oleh atom atau molekul (zat padat) untuk mencapai energi yang cukup untuk memutuskan ikatan. Energi panas yang diperlukan untuk mengubah zat padat menjadi cair pada titik lelehnya disebut panas fusi, entalpi fusi, atau kalor leleh.

### **Panas Jenis Logam**

Apabila dua atau lebih material bertemperatur berbeda bersentuhan, maka panas akan mengalir dari material yang bertemperatur lebih tinggi ke material yang bertemperatur lebih rendah sampai kesetimbangan termal tercapai (ketika kedua material berada pada temperatur yang sama). Dalam lingkungan yang terkendali, seperti kalorimeter, tidak ada panas yang diperoleh dari atau hilang ke lingkungan, sehingga panas yang diperoleh oleh material yang lebih dingin sama dengan panas yang hilang dari material yang lebih panas. (Dalam praktik, tentu saja, ada sedikit penambahan atau pengurangan panas, bahkan dengan

---

<sup>71</sup> Ibid 271

kalorimeter sekalipun, namun penambahan atau pengurangan ini relatif kecil, sehingga dapat diabaikan.)

### Perubahan Entalpi Reaksi

Reaksi kimia terjadi disertai dengan penyerapan atau pelepasan energi. Energi tersebut biasanya dalam bentuk panas (disebut juga energi termal). Reaksi endotermik menyerap panas, sedangkan reaksi eksotermik melepaskan panas. Jika reaksi terjadi pada larutan di dalam kalorimeter, panas yang diserap (atau dilepaskan) oleh reaksi tersebut akan mengurangi (atau meningkatkan) suhu pelarut. Perpindahan panas ke atau dari pelarut ini dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots (6.1)$$

Jika pelarut air

$$Q = (mc\Delta T)_{\text{air}} \dots\dots\dots (6.2)$$

dimana:

Q = jumlah kalor yang ditransfer

m = massa air

c = kalor jenis air, dan

$\Delta T$  = perubahan suhu air.

Dengan diketahui massa, kalor jenis air, dan  $\Delta T$  (ditentukan secara eksperimental), maka nilai Q dapat dihitung. (Q untuk reaksi eksotermik bernilai negatif dan sebaliknya.) Q dapat dinyatakan dalam satuan tradisional kalori (kal) atau satuan SI joule (J). Perhitungan keduanya sama. Hanya satuan kalor jenis air (c) yang berbeda:

$$c_{\text{air}} = 1,00 \text{ kal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$c_{\text{air}} = 4,18 \text{ J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$$

### Rangkuman

Termokimia adalah salah satu cabang ilmu yang mempelajari tentang panas (energi) yang dilepaskan (eksotermik) atau diserap (endotermik) selama berlangsungnya reaksi kimia, perubahan fisik,

dan perubahan fasa. Sedangkan kalorimetri adalah teknik yang digunakan untuk mengukur perubahan kalor yang terjadi pada proses reaksi kimia, perubahan fisik, dan perubahan fase.

Jumlah panas tergantung pada jumlah massa suatu zat, sedangkan suhu tidak tergantung pada jumlah massa zat. Zat yang memiliki massa lebih besar akan memiliki panas yang lebih besar daripada zat yang massanya lebih kecil walaupun keduanya memiliki suhu yang sama.

Sistem endotermik mempunyai panas pelarutan positif karena panas yang diserap untuk memutuskan ikatan antar zat terlarut-zat terlarut dan ikatan zat pelarut-pelarut lebih besar daripada energi yang dilepaskan pada pembentukan ikatan baru antar zat terlarut-pelarut. Sedangkan system eksotermik mempunyai panas pelarutan negatif karena panas yang diserap untuk memutuskan ikatan antar zat terlarut-zat terlarut dan pelarut-pelarut lebih kecil daripada yang dilepaskan pada pembentukan ikatan baru antar zat terlarut-pelarut.

Pada pelarutan es, energi panas yang diberikan diserap (tampa menaikkan suhu) oleh atom atau molekul es untuk mencapai energi yang cukup untuk memutuskan ikatan. Pada saat pemutusan ikatan ini maka es akan mencair, dan suhu masih tetap tidak naik sampai semua es habis mencair. Energi panas yang diperlukan untuk mengubah es (zat padat) menjadi cair pada titik lelehnya disebut panas fusi, entalpi fusi, atau kalor leleh.

Kesetimbangan thermal adalah kondisi dimana dua atau lebih material temperatur berbeda mengalami kontak berada pada temperatur yang sama. Dalam lingkungan yang terkendali, panas yang diperoleh oleh material yang lebih dingin sama dengan panas yang hilang dari material yang lebih panas.

## ***Pre Test***

1. Jika anda memasak air sampai mendidih di rumah kemudian air tersebut anda bagi kedalam dua buah wadah, wadah pertama adalah gelas ukuran 220 mL dan wadah kedua adalah toples ukuran 1 L, kedua wadah diisi penuh. Jelaskan perbandingan suhu dan panas dari air dalam kedua wadah tersebut!
2. Jelaskan mengapa suatu system itu bersifat endotermik dan eksotermik!
3. Mengapa pemberian panas pada kristal es tidak menyebabkan peningkatan suhu? Dan kapan suhu akan meningkat?
4. Jika dua buah material yang bertemperatur berbeda mengalami kontak, maka akan terjadi perpindahan panas diantara kedua material tersebut. Jelaskan arah perpindahan panas tersebut! Dan sampai kapan perpindahan panas tersebut?
5. Suatu zat pada suhu tetap massanya dijadikan dua kali, tentukan kalornya!
6. Tentukan jumlah kalor (dalam satuan Joule) yang diperlukan untuk menaikkan suhu 2 liter air dari 27 °C sampai 100 °C!

### **Termokimia dalam Kehidupan**

Peristiwa termokimia dan kalorimetri dalam kehidupan sehari-hari

- Kemasan dingin bahan kimia yang dijual di toko obat menggambarkan sistem panas larutan. Paket ini memiliki dua kompartemen. Kompartemen pertama mengandung air dan yang kedua berisi bahan kimia padat (biasanya amonium nitrat atau natrium tiosulfat) dengan panas pelarutan positif (endotermik). Saat anda memecahkan pembatas antara kedua kompartemen, bahan kimia padat akan larut, karena menyerap panas dari lingkungan.
- Proses pembuatan es krim dengan alat model lama adalah contoh panas peleburan es. Menambahkan garam ke air es akan menurunkan titik beku, mengubah sebagian es menjadi cairan. Panas fusi yang diperlukan untuk mencairkan es pasti berasal dari suatu tempat, dan satu-satunya sumber panas yang ada adalah es itu sendiri. Saat garam larut, suhu cairan es/garam turun dan cukup untuk membekukan susu dan krim menghasilkan es krim.

## B. EKSPERIMEN

### 1. Menentukan Panas Larutan

Panas larutan adalah panas yang diserap atau dilepaskan ketika zat terlarut dilarutkan dalam pelarut. Panas larutan disebut juga sebagai perubahan entalpi larutan ( $\Delta H_{\text{larutan}}$ ). Panas larutan ( $\Delta H_{\text{larutan}}$ ) dihitung dengan menggunakan satuan SI kJ/mol (kilo Joule/mol), walaupun banyak juga sumber-sumber lama menggunakan cara lama yaitu C/mol (kilokalori/mol). Satu kJoule sama dengan  $2,390 \times 10^3$  kilokalori (0,2390 C) dan satu kilokalori (kkal atau C) sama dengan 4,1841 kJ. Untuk kombinasi zat terlarut/pelarut tertentu, nilai panas larutan dapat ditentukan secara eksperimental. Panas larutan dapat diukur dari data eksperimental yang diperoleh dengan cara melarutkan zat terlarut yang diketahui massanya kedalam pelarut yang diketahui massanya juga, kemudian mengukur perubahan suhunya<sup>72</sup>.

#### Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas Lab).
- 2) Timbangan dan kertas timbangan.
- 3) Kalorimeter
- 4) Termometer
- 5) Gelas ukur, 100 mL
- 6) Amonium nitrat (40,0 g = 0,5 mol)
- 7) Natrium klorida (29,2 g = 0,5 mol)
- 8) Natrium hidroksida (20,0 g = 0,5 mol)
- 9) Air (pada suhu kamar)

---

<sup>72</sup> Ibid 272

**Peringatan!**

Amonium nitrat adalah pengoksidasi kuat, dan dapat meledak jika dipanaskan dengan kuat. Natrium hidroksida bersifat korosif, bereaksi kuat dengan aluminium (perhatikan ada beberapa kalorimeter komersial terbuat dari aluminium, jangan dipakai), dan dalam konsentrasi tinggi menggores atau melarutkan kaca. Kenakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung setiap saat

**Prosedur<sup>73</sup>:**

Untuk memperoleh akurasi yang terbaik maka usahakan zat terlarut, pelarut (air), dan kalorimeter berada pada suhu kamar. Suhu air keran biasanya lebih rendah dari suhu kamar. Jika anda memiliki waktu yang cukup, siapkan sebelum kegiatan dimulai dengan mengisi botol minuman ukuran 2 liter atau wadah lain dengan air keran kemudian diamkan selama beberapa jam agar mencapai keseimbangan dengan suhu ruangan.

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Timbang 40,0 g amonium nitrat dan catat massanya pada Tabel 6.1.
- 3) Gunakan gelas ukur untuk mengukur 100,0 mL (100,0 g) air.
- 4) Tambahkan air ke dalam kalorimeter dan pasang kembali tutupnya.
- 5) Ukur suhu air dalam kalorimeter seakurat mungkin dan catat suhu di Tabel 6.1. Lihat Gambar 6.1.
- 6) Tambahkan amonium nitrat ke dalam kalorimeter dan tutup kembali.
- 7) Aduk larutan (atau goyang-goyangkan kalorimeter) untuk melarutkan amonium nitrat.

---

<sup>73</sup> ibid

- 8) Perhatikan termometer. Saat perubahan suhu mencapai maksimumnya, catat suhu tersebut di Tabel 6.1. Hitung perbedaan suhu dan catat di Tabel 6.1.
- 9) Buang larutan bekas dan bilas kalorimeter.
- 10) Ulangi langkah 1 sampai 9, gunakan 29,2 g natrium klorida dengan 40,0 g amonium nitrat.
- 11) Ulangi langkah 1 sampai 9, gunakan 20,0 g natrium hidroksida dengan 40,0 g amonium nitrat.

Tabel 6.1  
Lembar Pengamatan dan perhitungan

Zat Terlarut	Massa (g)	Suhu Air (°C)	Suhu Larutan (°C)	Perbedaan Suhu (°C)	Perhitungan Panas Larutan (°C)
Amonium Nitrat				(+/-)_____	(+/-)_____
Natrium Klorida				(+/-)_____	(+/-)_____
Natrium Hidroksida				(+/-)_____	(+/-)_____

#### **Pembuangan Limbah**

Semua larutan dari kegiatan ini dapat dibuang ke saluran pembuangan dengan disiram banyak air.

#### **Opsi Percobaan**

Jika anda memiliki waktu lebih banyak dan bahan yang diperlukan ada, anda bisa juga melakukan kegiatan berikut:

- Mengulangi percobaan tersebut dengan menggunakan 10,0 mL asam sulfat pekat (98%) sebagai zat terlarut, dan menentukan panas (kalor) larutan asam sulfat pekat tersebut. (Perhatikan! asam sulfat pekat sangat korosif.)
- Mengulangi percobaan menggunakan 10,0 mL 35% asam sulfat (asam baterai) sebagai zat terlarut. Tentukan panas larutan untuk asam sulfat 35%. Apakah nilai ini berbeda dengan nilai asam sulfat pekat per mol? Jika ya, berikan penjelasannya. (Perhatian! asam sulfat 35% sangat korosif.)

## ***Post Test***

1. Dengan menggunakan data hasil eksperimen anda, hitung kalor larutan amonium nitrat, natrium klorida, dan natrium hidroksida. Lengkapi Tabel 6.1!
2. Cari nilai kalor larutan dari ketiga senyawa tersebut di internet atau dalam buku-buku referensi. Tentukan seberapa dekat kesesuaian nilai yang anda peroleh secara eksperimental dengan nilai dari buku atau sumber referensi yang lain? Jika sangat berbeda, berikan penjelasan!

## **2. Menentukan Panas Fusi (Peleburan) Es**

Pada kegiatan eksperimen ini, anda akan mengukur panas (kalor) fusi es. Es memiliki panas fusi tinggi karena ada ikatan hidrogen antar molekul. Kalor fusi (secara resmi) dalam sistem SI dinyatakan sebagai Joule per mol (J/mol), tetapi banyak juga bentuk lama dan alternatif lain yang masih digunakan. Diantaranya yang paling umum dan sering digunakan adalah kalori per gram (kal/g), kilo Joule per kilogram (kJ/kg). Secara khusus, kal/g masih sangat banyak digunakan, dan satuan ini yang akan digunakan pada kegiatan ini.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas lab).
- 2) Kalorimeter
- 3) Thermometer
- 4) Gelas ukur, 100 mL
- 5) Ember atau wadah lain (wadah Es)
- 6) Gelas kimia 600 mL
- 7) Penjepit gelas kimia
- 8) Pemanas

- 9) Saringan
- 10) Es batu
- 11) Air keran

**Peringatan!**

Hati-hati dengan air panas dan kompor listrik untuk menghindari luka bakar. Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung

**Dinginya Es**

Es yang ada di freezer Lemari Es di rumah biasanya memiliki suhu  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , jauh di bawah titik leleh es. Untuk menentukan panas fusi es secara akurat kita perlukan es yang berada pada suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  di awal kegiatan. Jika tidak, maka sebagian panas yang diberikan akan diserap untuk menaikkan suhu es sampai  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sehingga tampak atau terhitung nilai panas fusi es tinggi, padahal nilai ini adalah tidak sebenarnya/palsu. Anda dapat menghindari hal ini dengan cara menghancurkan atau memotong es menjadi potongan-potongan kecil, kemudian membiarkannya sebagian mencair. Pisahkan kristal es dengan air menggunakan saringan, selanjutnya kristal es hasil saringan tersebut siap digunakan untuk percobaan.

**Prosedur:<sup>74</sup>**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Isi salah satu gelas kimia 600 mL dengan leburan atau pecahan kristal es batu sampai sekitar setengah ukuran gelas. Biarkan es mencair sembari anda melakukan langkah-langkah berikutnya.
- 3) Tambahkan sekitar 400 mL air keran ke dalam gelas kimia 600 mL dan panaskan air hingga  $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 4) Dengan menggunakan penjepit gelas, tuangkan sekitar 100 mL air panas ke dalam gelas ukur 100 mL untuk

---

<sup>74</sup> Ibid 274

pemanasan awal gelas ukur. Tunggu 30 detik dan kemudian buang air dari gelas ukur ke bak cuci.

- 5) Ulangi lagi langkah 4 dengan 100 mL air panas. Setelah 30 detik, buang air ke wastafel.
- 6) Sementara anda memanaskan gelas ukur, gunakan penyaring untuk memisahkan kristal es dengan air es, kemudian masukkan kristal es ke dalam kalorimeter sampai sekitar setengah penuh. Tutup kembali kalorimeter agar kristal es tidak menyerap panas dari udara ruangan.
- 7) Dengan menggunakan penjepit, tambahkan sekitar 25 mL air panas ke dalam gelas ukur. Ukur volume air sampai ketelitian 0,1 mL dan catat volumenya pada baris A Tabel 6.2.
- 8) Ukur suhu air dalam gelas ukur dengan ketelitian 0,1 °C dan catat pada baris B Tabel 6.2.
- 9) Dengan hati-hati, buang air yang terakumulasi di dalam kalorimeter, dan tambahkan 25 mL air panas dari gelas ukur ke kalorimeter. Tutup kalorimeter dan aduk campuran air-es tersebut. (Sebagian kristal es harus tetap ada di dalam calorimeter sampai akhir langkah ini. Jika semua kristal es mencair, buka tutup kalorimeter dan segera tambahkan lebih banyak kristal es.)
- 10) Ukur suhu campuran es-air dalam kalorimeter dengan ketelitian 0,1 °C, dan catat nilainya pada baris C Tabel 6.2. (Idealnya, suhu tersebut mendekati 0 °C, tetapi dalam kondisi percobaan ini, suhu 2 °C hingga 3 °C dapat diterima. Perhatikan suhu sampai stabil pada nilai terendah dan catat.)
- 11) Tuang isi kalorimeter ke dalam gelas ukur melalui saringan. Pastikan bahwa semua air dalam kalorimeter dipindahkan ke gelas ukur tanpa ada yang jatuh atau tumpah dan tidak ada kristal es yang tersisa ikut

dipindahkan ke gelas ukur. Ukur volume air dalam gelas ukur dan catat nilainya dengan ketelitian 0,1 mL pada baris D Tabel 6.2.

- 12) Ulangi langkah 1 hingga 10 setidaknya 1 kali, dan catat nilai yang anda amati pada Tabel 6.2. Jika hasil anda tidak baik (yaitu, sangat bervariasi), lakukan percobaan ini lagi dengan langkah yang sama dan catat nilai yang diamati pada tabel seperti Tabel 6.2.

Tabel 6.2  
Lembar Pengamatan Panas Fusi Es

Variabel	Per. 1	Per. 2	Per. 3	Per. 4	Per.5
A. Volume awal	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL
B. Suhu awal	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C
C. Suhu akhir	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C
D. Volume akhir	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL
E. Perubahan Suhu(B- C)	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C	—.— °C
F. Perubahan Volume (D - A)	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL	—.— mL
G. Panas fusi Es	—.— cal/g	—.— cal/g	—.— cal/g	—.— cal/g	—.— cal/g

### ***Post Test***

1. Dengan menggunakan data hasil eksperimen anda untuk masing-masing dari dua percobaan pertama, hitung kalor peleburan es dalam kal/g dan catat nilai hasil perhitungan anda tersebut pada baris G Tabel 6.2!
2. Nilai panas peleburan es sebenarnya adalah 79,72 kal/g. Jika nilai yang anda peroleh secara eksperimental berbeda secara signifikan dengan nilai tersebut, berikan alasannya!

### 3. Menentukan Panas (Kalor) Jenis Logam

Pada kegiatan eksperimen ini, kita akan menentukan panas jenis dua logam, timbal dan besi. Masing-masing logam dengan massa diketahui dipanaskan sampai suhu tertentu, dan kemudian dimasukkan ke dalam air dingin (massa dan suhu awal air diketahui) sampai sistem mencapai kesetimbangan termal. Panas akan mengalir dari logam panas ke air yang lebih dingin. Karena jumlah panas yang hilang pada logam sama dengan jumlah panas yang diterima oleh air, maka panas jenis logam dapat dihitung dengan mengukur kenaikan suhu air.

Jika kuantitas satuan ditentukan dalam massa, persamaan perpindahan panasnya adalah:

$$Q = mc\Delta T \dots\dots\dots (6.3)$$

ket:

$Q$  = jumlah panas yang ditransfer

$m$  = massa sampel

$c$  = panas jenis zat

$\Delta T$  = perubahan suhu.

Karena perpindahan panas antar logam dan air adalah sama, dimana panas hilang dari logam dan diterima oleh air. Kita dapat menyatakannya dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{\text{air}} = - Q_{\text{logam}} \dots\dots\dots (6.4)$$

$$(mc\Delta T)_{\text{air}} = -(mc\Delta T)_{\text{logam}} \dots\dots\dots (6.5)$$

Panas jenis air diketahui 4,181 Joule per gram per Kelvin ( $J/(g \cdot K)$  atau  $J \cdot g^{-1} \cdot K^{-1}$ ). Karena massa dan suhu logam dan air dapat diukur sehingga diketahui, satu-satunya yang belum diketahui adalah nilai panas jenis sampel logam ©. Panas jenis dapat diukur dengan menata ulang persamaan 6.5 menjadi:

$$C_{\text{logam}} = \frac{(mc\Delta T)_{\text{air}}}{-(m\Delta T)_{\text{logam}}} \dots\dots\dots (6.6)$$

Jika diketahui panas jenis logam dan panas jenis air tidak diketahui, maka persamaan 6.6 tersebut dapat ditata ulang menjadi.

$$C_{\text{air}} = \frac{-(mc\Delta T)_{\text{logam}}}{(m\Delta T)_{\text{air}}} \dots\dots\dots (6.7)$$

Jika melihat nilai panas jenis pada tabel panas jenis, perlu diingat bahwa ada dua cara menentukan panas jenis. Pertama, panas jenis ditentukan berdasarkan massa (seperti yang dilakukan pada percobaan laboratorium ini). Kedua, panas jenis ditentukan berdasarkan mol. Nilai panas jenis berdasarkan massa dinotasikan dengan huruf c kecil, sedangkan nilai panas jenis berdasarkan mol dinotasikan dengan huruf C besar. Harga nilai-nilai ini bisa sangat berbeda. Misalnya, panas jenis timbal dan besi C (berbasis mol) sangat mirip, dengan nilai masing-masing 26,4 dan 25,1 J/mol.K, sedangkan panas jenis besi berdasarkan massa, 0,450 J/g.K. lebih dari 3 kali panas jenis timbal, 0,127 J/g.K berdasarkan massa.

Panas jenis sering dilambangkan dengan  $c_p$ ,  $c_v$ ,  $C_p$ , atau  $C_v$ . Huruf kedua pada lambang tersebut menunjukkan kondisi panas jenis ditentukan, yaitu pada tekanan konstan ( $p$ ) atau volume konstan ( $v$ ). Kondisi pengukuran menjadi sangat penting jika mengukur panas jenis gas. Sedangkan perbedaan antara nilai panas jenis pada tekanan dan volume konstan untuk padatan dan cairan adalah kecil, dan dapat diabaikan untuk kegiatan lab ini.

**Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas lab)
- 2) Timbangan dan kertas timbangan
- 3) Kalorimeter
- 4) Termometer
- 5) Gelas ukur, 100 mL

- 6) Tabung reaksi
- 7) Penjepit tabung reaksi
- 8) Gelas kimia 600 mL
- 9) Pemanas
- 10) Timbal (timah hitam) dan besi (peluru senapan)
- 11) Air

#### **Alternatif dan Modifikasi**

- Anda dapat mengganti kertas timbangan dengan cawan Petri kecil atau wadah serupa.
- Anda dapat mengganti gelas kimia 600 mL dengan saucer pan atau wadah serupa yang lain.
- Anda dapat mengganti bentuk timbal dan besi lainnya, selama sampelnya pas di dalam tabung reaksi. Peluru timbal dapat diperoleh dari toko pemasok alat laboratorium atau dari toko alat olahraga yang menjual persediaan isi ulang senapan. (peluru timbal yang digunakan dalam peluru senapan adalah paduan, tetapi mengandung persentase timbal yang tinggi; beberapa peluru senapan menggunakan baja berlapis tembaga dan bukan timbal.) Dengan mengorbankan beberapa akurasi, anda dapat menggunakan pemberat roda (*wheel weights*) atau pemberat pancing. Karena barang-barang ini sering kali dibuat dari paduan timbal daripada timbal murni, hasil eksperimen anda mungkin berbeda secara signifikan dari nilai yang diperoleh dengan menggunakan sampel timbal murni. Anda dapat mengganti peluru besi dengan mur atau baut baja kecil. Toko peralatan olahraga menjual pelet senapan angin, yang hampir murni timah, dan peluru baja berlapis tembaga.

#### **Perhatian!**

Hati-hati dengan air panas dan kompor listrik untuk menghindari terjadinya luka bakar. Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung!

#### **Prosedur:**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Isi gelas kimia 600 mL dengan air keran hingga mendekati penuh, tambahkan batu didih, letakkan gelas kimia di atas

pemanas, dan biarkan sampai air mendidih. Setelah air mendidih, kecilkan nyala pemanas hingga air mendidih secara perlahan.

- 3) Masukkan timbal ke dalam salah satu tabung reaksi sampai ukuran kira-kira setengah tabung. Celupkan tabung reaksi ke dalam air mendidih, usahakan tabung mencapai dasar gelas kimia.
- 4) Letakkan kertas timbangan (atau wadah lain) di atas timbangan dan nol-kan (tare) timbangan agar pembacaan 0,00 g pada layer timbangan.
- 5) Pindahkan timbal dari tabung reaksi ke dalam kertas timbangan dan tentukan massanya. Catat massa timbal pada baris A pada Tabel 6.3.
- 6) Pindahkan timbal kembali ke dalam tabung reaksi dan rendam tabung reaksi ke dalam penangas air mendidih, pastikan tidak ada air yang masuk ke dalam tabung reaksi. Jika perlu, jepit tabung reaksi dengan klem agar aman.
- 7) Ulangi langkah 3 sampai 6 dengan menggunakan besi.
- 8) Ukur suhu penangas air yang mendidih tersebut sampai ketelitian 0,1 °C dan catat nilainya pada baris B Tabel 6.3.
- 9) Letakkan tabung reaksi ke dalam penangas air mendidih setidaknya selama 10 sampai 15 menit sampai timbal dan besi mencapai suhu yang sama dengan penangas air mendidih.
- 10) Gunakan gelas ukur untuk mengukur sekitar 50,0 mL air dingin dengan ketelitian 0,1 mL, dan tuangkan ke dalam kalorimeter. Catat volumenya pada baris C Tabel 6.3.
- 11) Ukur suhu air dalam kalorimeter sampai ketelitian 0,1 °C dan catat nilainya pada baris D Tabel 6.3.
- 12) Gunakan penjepit tabung reaksi, angkat tabung reaksi dari penangas air mendidih, pindahkan timbal ke dalam kalorimeter, tutup kalorimeter.
- 13) Aduk isi kalorimeter, dan ukur suhu air di dalamnya. Saat suhu mencapai puncaknya, catat nilai tersebut dengan ketelitian 0,1 °C pada baris E Tabel 6.3.

- 14) Aduk isi kalorimeter, dan ukur suhu air di dalamnya. Catat hasil pengukuran tersebut sampai ketelitian 0,1 °C.
- 15) Kosongkan kalorimeter, dan ulangi langkah 10 sampai 13 dengan menggunakan besi.
- 16) Dengan menggunakan data hasil eksperimental untuk timah dan besi, hitung kalor jenis timbal dan besi dalam satuan J/g · °C dan catat hasilnya pada baris G Tabel 6.3.

**Limbah:** Keringkan timbal (timah) dan besi kemudian simpan untuk digunakan lagi pada percobaan akan datang.

Tabel 6.3  
Lembar Pengamatan Pengukuran Panas Jenis Logam

Variabel	Timbal	Besi
A. Massa logam	____.____ g	____.____ g
B. Suhu penangas air	____.____ °C	____.____ °C
C. Volume air	____.____ mL	____.____ mL
D. Suhu awal air	____.____ °C	____.____ °C
E. Suhu akhir air	____.____ °C	____.____ °C
F. Perubahan suhu (E-D)	____.____ °C	____.____ °C
G. Panas jenis	____.____ J/(g · °C)	____.____ J/(g · °C)

#### **Opsi Percobaan**

Jika anda memiliki waktu dan bahan yang diperlukan, anda dapat melakukan kegiatan berikut:

- Ulangi percobaan tersebut diatas dengan menggunakan berbagai jenis logam, seperti aluminium, tembaga, magnesium, timah, dan seng.
- Ulangi percobaan menggunakan logam paduan alloy. Misalnya, anda dapat mencoba solder (timbal/timah), kuningan (tembaga/seng), perak nikel (tembaga/nikel), perunggu (tembaga/timah), dan sebagainya. Solder adalah pilihan yang baik, karena biasanya pada label mencantumkan persentase timbal dan timah dalam solder. Ukur kalor jenis paduan dan bandingkan dengan kalor jenis dari logam komponen-komponennya untuk menentukan apakah kalor jenis paduan berbanding lurus dengan kalor jenis logam komponen.
- Ulangi percobaan dengan menggunakan mineral oil, vegetable oil, motor oil, atau cairan serupa sebagai pengganti air. Dengan menggunakan data kalor jenis timbal, tentukan kalor jenis cairan.

### ***Post Test***

1. Nilai aktual untuk panas jenis timbal dan besi masing-masing adalah  $0,127 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$  dan  $0,450 \text{ J/g}\cdot^{\circ}\text{C}$ . Hitung persen kesalahan dari nilai yang anda peroleh secara eksperimental!
2. Berikan beberapa penjelasan yang mungkin tentang kesalahan pada proses eksperimen yang anda lakukan!
3. Setelah selesai melakukan eksperimen ini, anda mengetahui bahwa termometer digital yang digunakan secara konsisten membaca  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Apakah kesalahan ini berpengaruh terhadap nilai panas jenis yang anda peroleh secara eksperimental? Mengapa?
4. Setelah selesai melakukan eksperimen ini, anda mengetahui bahwa gelas ukur yang digunakan secara konsisten menghasilkan cairan 5% lebih sedikit dari yang seharusnya. Apakah kesalahan ini berpengaruh terhadap nilai panas jenis yang anda peroleh secara eksperimental? Mengapa?

#### **4. Menentukan Perubahan Entalpi Reaksi**

Pada kegiatan eksperimen ini, anda akan lakukan reaksi penetralan 50,0 mL larutan NaOH 1,0 M dengan volume yang sama dengan larutan HCl 1,2 M. (gunakan HCl sedikit berlebih untuk memastikan semua NaOH habis bereaksi.)

Persamaan reaksi setaranya adalah:



reaksi ini adalah eksotermik, sehingga suhu akhir larutan lebih tinggi dari suhu awal, dan nilai Q negatif. Karena larutan encer, kita dapat mengasumsikan bahwa massa jenis larutan sama dengan air,  $1,00 \text{ g/mL}$ . Dengan memasukkan nilai yang diketahui ke dalam persamaan:

$$Q = [100 \text{ g}] \cdot [1,00 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})] \cdot [\Delta T] \dots\dots\dots (6.9)$$

Setelah menentukan  $\Delta T$  secara eksperimental, kemudian nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan di atas maka nilai  $Q$  dapat dihitung. ( $Q$  adalah jumlah energi termal yang ditransfer). Sedangkan untuk menentukan perubahan entalpi ( $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$ ) membutuhkan satu langkah lagi.  $Q$  dinyatakan dalam satuan kalori atau Joule, dan perubahan entalpi reaksi,  $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$  dinyatakan dalam kalori per mol (kal/mol) atau Joule per mol (J/mol). Untuk menentukan perubahan entalpi reaksi,  $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$ , kita perlu membagi  $Q$  (kalor reaksi hasil pengamatan) dengan jumlah mol reaktan yang menghasilkan nilai  $Q$  tersebut. (Jika menggunakan kalorimeter bervolume besar yang dapat mereaksikan 1,0 mol natrium hidroksida, maka nilai  $Q$  dan  $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$  akan sama. Karena kita hanya mereaksikan sebagian kecil dari satu mol natrium hidroksida, maka nilai absolut  $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$  akan jauh lebih besar daripada  $Q$ .)

### Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung
- 2) Kalorimeter
- 3) Thermometer
- 4) Gelas ukur, 100 mL
- 5) 50 mL larutan NaOH 1,0 M
- 6) 50 mL larutan HCl 1,2 M

#### **Peringatan!**

Larutan NaOH dan HCl bersifat korosif dan beracun, termasuk larutan encer yang digunakan ini, oleh karena itu gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.

### Prosedur<sup>75</sup>

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung

---

<sup>75</sup> Ibid 281

- 2) Jika anda mengawali kegiatan ini dengan membuat larutan, pastikan kedua larutan tersebut berada pada suhu kamar sebelum melanjutkan percobaan.
- 3) Gunakan gelas ukur yang bersih dan kering untuk mengukur 50,0 mL asam klorida 1,2 M secara akurat, pindahkan ke dalam kalorimeter, dan ganti tutup kalorimeter. Catat volume larutan HCl pada baris A Tabel 6.4.
- 4) Ukur suhu larutan HCl sampai ketelitian 0,1 °C dan catat suhu pada baris B Tabel 6.4.
- 5) Bilas dan keringkan gelas ukur, lalu gunakan untuk mengukur 50,0 mL larutan natrium hidroksida 1,0 M secara akurat. Catat volumenya pada baris C Tabel 6.4.
- 6) Bilas dan keringkan thermometer, lalu gunakan untuk mengukur suhu larutan NaOH sampai ketelitian 0,1 °C. Catat suhunya pada baris D Tabel 6.4. (Suhu kedua larutan harus sama, jika tidak, anda dapat menghitung rata-rata dari kedua suhu larutan tersebut untuk mencapai suhu awal yang valid. Misalnya, jika Anda memulai dengan 50,0 mL larutan HCl pada suhu 22,3 °C dan 50,0 mL larutan NaOH pada suhu 21,1 °C, maka titik awal sebenarnya adalah 100,0 mL larutan dengan suhu 21,7 °C.)
- 7) Buka tutup kalorimeter, segera masukkan larutan NaOH, dan menutupnya kembali.
- 8) Aduk isi kalorimeter (atau goyangkan kalorimeter dengan pelan) untuk memastikan larutan bercampur sempurna. Amati suhu campuran larutan selama beberapa menit hingga suhu mencapai titik tertinggi. Catat suhu tersebut sampai ketelitian 0,1 °C pada baris E Tabel 6.4.

**Limbah**

Larutan limbah dalam kalorimeter hanya mengandung natrium klorida (garam meja) dan sedikit asam klorida. Buang ke wastafel dan siram dengan air yang banyak.

### Alternatif dan Modifikasi

- Anda dapat membuat 50 mL larutan natrium hidroksida 1,0 M dengan cara melarutkan 2,00 g natrium hidroksida ke dalam 40 mL air di dalam gelas kimia kecil dan kemudian membuatnya menjadi 50,0 mL di dalam gelas ukur. Biarkan larutan natrium hidroksida mencapai suhu kamar sebelum digunakan.
- Anda dapat membuat 50 mL larutan asam klorida 1,2 M dengan cara menambahkan 5,0 mL asam klorida pekat (37%, 12 M) dengan 35 mL air di dalam gelas kimia kecil dan kemudian membuatnya menjadi 50,0 mL di dalam gelas ukur. Jika anda menggunakan asam muriat (*muriatic acid* biasanya 31,45% atau 10,3 M HCl), tambahkan 5,8 mL asam ke sekitar 35 mL air dalam gelas kimia kecil dan kemudian buat menjadi 50,0 mL dalam gelas ukur. Pada eksperimen ini natrium hidroksida berperan sebagai pereaksi pembatas, jadi molaritas pasti dari asam klorida tidak kritis, selama HCl berlebih. Biarkan larutan asam klorida mencapai suhu kamar sebelum digunakan.
- Jika anda sudah memiliki larutan stok 1,0 M natrium hidroksida dan asam klorida, anda dapat menggunakannya langsung. Pastikan HCl sedikit berlebih. Misalnya, gunakan 45,0 mL natrium hidroksida 1,0 M dan 55,0 mL asam klorida 1,0 M.

### Opsi Percobaan

Selain contoh reaksi di atas, anda dapat juga melakukan percobaan dengan bahan berikut:

- Ulangi percobaan tersebut di atas dengan menggunakan asam sulfat 1,2 M sebagai pengganti asam klorida 1,2 M. Bandingkan nilai perubahan entalpi reaksi hasil eksperimen dengan yang ada di buku referensi.
- Ulangi percobaan tersebut di atas dengan menggunakan 1,2 M asam asetat sebagai pengganti 1,2 M asam klorida. Bandingkan nilai perubahan entalpi reaksi hasil eksperimen dengan yang ada di buku referensi.

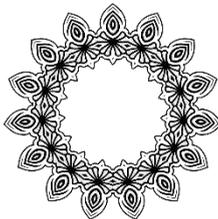
Tabel 6.4  
Lembar Pengamatan Percobaan Pengukuran  
Perubahan Entalpi Reaksi

Variabel	Data
A. Volume larutan HCl	____.____ mL
B. Suhu larutan HCl	____.____ °C
C. Volume larutan NaOH	____.____ mL
D. Suhu larutan NaOH	____.____ °C

E. Suhu larutan akhir (setelah reaksi)	____.____ °C
F. Perubahan suhu $[E - (B+D)/2]$	____.____ °C
G. Panas reaksi	____.____ cal
H. Mol NaOH	____.____ mol
I. Perubahan Entalpi reaksi, $\Delta H^\circ_{\text{reaksi}}$	____.____ kal/mol

### ***Post Test***

1. Hitung panas reaksi dan masukkan ke baris G Tabel 6.4. (gunakan tanda yang benar.)!
2. Hitung jumlah mol natrium hidroksida yang bereaksi dan masukkan ke baris H Tabel 6.4!
3. Hitung perubahan entalpi reaksi dan masukkan ke baris I Tabel 6.4!
4. Dengan menggunakan nilai entalpi reaksi yang diketahui, hitung persen kesalahan hasil percobaan anda. (Gunakan tanda yang tepat.)!
5. Berikan beberapa alasan yang kemungkinan menjadi kesalahan selama eksperimen!



Halaman Sengaja Dikosongkan



# BAB VII

## HUKUM GAS

---

### A. HUKUM-HUKUM GAS

Studi tentang gas dan sifat kimia, komposisi, dan interaksinya adalah bagian penting dari kimia umum. Berdasarkan sifatnya, gas lebih sulit dipelajari daripada benda padat dan cair. Tidak seperti benda padat dan cair, yang cenderung tetap di dalam wadahnya, gas dalam wadah terbuka akan terlepas dengan cepat ke atmosfer. Kerapatannya yang relatif rendah dibanding zat padat dan cair membuat gas sulit ditimbang dalam jumlah volume kecil secara akurat.

Pada 1662, Boyle menghitung hubungan antara volume gas dan tekanannya, penemuannya ini kemudian dikenal sebagai Hukum Boyle. Pada 1802, Gay-Lussac menghitung hubungan antara volume gas dan suhunya. Hubungan itu kemudian dikenal sebagai Hukum Charles, untuk menghargai beberapa pekerjaan awal yang tidak dipublikasikan yang dilakukan sekitar 15 tahun sebelumnya oleh ahli kimia Prancis Jacques Charles. Pada tahun 1809, Gay-Lussac menetapkan hukum dasar gas ketiga dengan mengukur hubungan antara tekanan gas dan suhunya, hubungan ini dikenal sebagai Hukum Gay-Lussac. Ketiga hukum gas ini berkaitan erat<sup>76</sup>.

#### **Hukum Boyle**

Hukum Boyle menyatakan bahwa, pada suhu konstan, volume gas berbanding terbalik dengan tekanannya. Misalnya, jika tekanan gas dinaikkan menjadi dua kali dari tekanan awalnya, maka

---

<sup>76</sup> Robert Bruce Thompson, *“Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments”*. USA:Dale Doughert. 2008

volumenya berkurang setengah dari volume awalnya dan sebaliknya. Persamaan Hukum Boyle dinyatakan sebagai berikut:

$$V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2 \dots\dots\dots (7.1)$$

di mana variabel sebelah kiri mengacu pada nilai sebelum perubahan volume atau tekanan dan variabel sebelah kanan mengacu pada nilai setelah volume atau tekanan berubah<sup>77</sup>. Dapat juga dijelaskan sebagai  $V_1$  = volume awal;  $V_2$  = volume akhir;  $P_1$  = tekanan awal; dan  $P_2$  = tekanan akhir. Jika tiga dari keempat nilai variabel tersebut diketahui, maka nilai variabel keempat dapat ditentukan secara aljabar.

### **Hukum Charles**

Hukum Charles menyatakan bahwa, pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Misalnya, jika menaikkan suhu sebuah suatu gas menjadi dua kali suhu awalnya, maka volumenya akan naik menjadi dua kali volume awalnya, dan sebaliknya. Persamaan Hukum Charles dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1 \dots\dots\dots (7.2)$$

di mana variabel yang ditandai dengan angka 1 mengacu pada nilai sebelum perubahan volume atau suhu dan variabel yang ditandai dengan angka 2 mengacu pada nilai setelah volume atau suhu mengalami perubahan, atau  $V_1$  = volume awal;  $V_2$  = volume akhir;  $T_1$  = suhu awal;  $T_2$  = suhu akhir. Jika tiga dari empat nilai variabel tersebut diketahui, maka nilai variabel keempat dapat ditentukan secara aljabar<sup>78</sup>.

Dengan mengetahui Hukum Boyle dan Hukum Charles, kita dapat menurunkan Hukum Gay Lussac secara matematis dengan cara substitusi (kita dapat menurunkan salah satu dari ketiga hukum ini jika dua lainnya diketahui).

---

<sup>77</sup> Ibid 246

<sup>78</sup> Ibid 246

## Hukum Gay-Lussac

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa, pada volume konstan, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Jika suhu gas diduakalikan, maka tekanannya menjadi duakali juga, dan begitu juga sebaliknya. Persamaan Hukum Gay-Lussac dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1 \dots\dots\dots (7.3)$$

sekali lagi, di mana variabel yang ditandai dengan angka 1 mengacu pada nilai sebelum perubahan tekanan atau suhu, dan variabel yang ditandai dengan angka 2 mengacu pada nilai setelah tekanan atau suhu mengalami perubahan. Seperti sebelumnya, jika salah satu dari ketiga nilai variabel tersebut diketahui, maka nilai variabel keempat dapat ditentukan secara aljabar<sup>79</sup>.

Ketiga hukum gas ini saling berhubungan, kadang-kadang disebut sebagai Hukum Gas Gabungan, tetapi meskipun benar secara individual dan kombinasi, hukum gas ini tidak cukup untuk mendefinisikan hukum gas secara umum. Pada tahun 1811, ilmuwan Italia Amedeo Avogadro mempostulatkan hukum dasar keempat dan terakhir, yang disebut sebagai Prinsip Avogadro, yang menyatakan bahwa volume gas yang sama pada suhu dan tekanan yang sama mengandung jumlah partikel yang sama<sup>80</sup>.

Dengan Hukum Gas Gabungan dan Prinsip Avogadro, dimungkinkan untuk mendefinisikan hukum umum gas, yang disebut Hukum Gas Ideal. Dinyatakan pertama kali oleh ilmuwan Perancis Benoît Paul Émile Clapeyron pada tahun 1834 dengan persamaan:

$$PV = nRT \dots\dots\dots (7.4)$$

dimana

P = tekanan absolut gas

V = volume gas

---

<sup>79</sup> Ibid 246

<sup>80</sup> Ibid 246

$n$  = jumlah mol gas

$R$  = konstanta gas ideal

$T$  = suhu gas dalam kelvin (K)

Nilai  $R$ , konstanta gas ideal, tergantung pada satuan volume dan tekanan yang digunakan. Dalam satuan SI, nilai  $R$  adalah 8,314472 joule per mol per kelvin ( $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ).

Nama hukum “Hukum Gas Ideal” ini mencerminkan fakta bahwa hukum ini akurat hanya untuk gas "ideal", yaitu gas yang terdiri dari partikel monoatomik dengan volume yang sangat kecil, pada suhu yang sangat tinggi dan tekanan yang sangat rendah, dan tidak ada gaya atraksi atau gaya tolakan di antara partikel. Gas nyata menyimpang dari nilai yang dihitung menggunakan Hukum Gas Ideal, karena atom atau molekul gas nyata memiliki volume yang terbatas dan berinteraksi.

Pada bab ini, akan dilakukan kegiatan mengamati karakteristik gas dan membuktikan hukum dasar gas secara eksperimental.

### **Hukum Gas dalam kehidupan Sehari-hari**

Pentingnya hukum gas tidak hanya terbatas pada laboratorium kimia. Hukum gas sangat penting diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Diantara aplikasinya adalah:

1. **Bernapas.** Bernapas merupakan contoh penerapan Hukum Boyle. Saat anda menarik napas, otot anda memperbesar volume dada dan paru-paru anda, mengurangi tekanan udara di dalamnya. Udara luar, pada tekanan atmosfer konstan, memasuki paru-paru anda sampai tekanan seimbang. Saat anda menghembuskan napas, volume dada dan paru-paru anda berkurang, meningkatkan tekanan gas di atas tekanan atmosfer sekitar. Udara keluar dari paru-paru anda sampai tekanannya seimbang.
2. **Mesin diesel.** Mesin diesel menggunakan manifestasi fisik hukum gas untuk menghasilkan tenaga. Selama langkah isap,

piston bergerak dari titik mati atas ke titik mati bawah. Katup hisap terbuka sehingga kevakuman yang terjadi akibat dari ekspansi volume pada ruang pembakaran menyebabkan udara dari luar masuk ke dalam ruang pembakaran melalui katup hisap yang terbuka. Pada langkah ini silinder mesin terisi dengan campuran udara dan bahan bakar diesel yang diuapkan pada tekanan yang relatif rendah. Selama langkah kompresi, piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas mengkompresi campuran bahan bakar-udara ke volume yang hanya beberapa persen dari volume awalnya. Akibat kompresi ini meningkatkan suhu (Hukum Charles) cukup tinggi (kurang lebih berkisar 1000 °F) sehingga dapat menyalakan/membakar campuran bahan bakar-udara tanpa percikan api. Karena satu molekul bahan bakar hidrokarbon bereaksi dengan oksigen menghasilkan banyak molekul karbon dioksida dan uap air, jumlah mol gas meningkat (Prinsip Avogadro). Pembakaran campuran bahan bakar menghasilkan panas yang tinggi, yang meningkatkan tekanan dalam silinder (Hukum Gay-Lussac). Karena piston bebas bergerak di dalam silinder, tekanan yang meningkat memaksanya keluar, menghasilkan tenaga.

3. Kantong udara mobil (*Airbag*) menggambarkan Prinsip Avogadro secara dramatis. Kantong udara merupakan balon besar yang terbuat dari bahan yang sangat kuat. Mekanisme kerjanya, kantong udara berupa tabung kecil yang berisi 50 g hingga 200 g natrium azida ( $\text{NaN}_3$ ) atau propelan. Ketika kantong udara mengembang, natrium azida bereaksi seketika menghasilkan logam natrium dan gas nitrogen. Dalam waktu sekitar 50 milidetik (0,05 detik), kantong udara yang awalnya hampir tidak berisi gas terisi dengan gas nitrogen dan mengembang sepenuhnya. (Natrium azida sangat beracun, lebih dari kalium sianida.)

## Rangkuman

Berdasarkan sifatnya, gas lebih sulit dipelajari daripada benda padat dan cair karena gas mudah lepas/hilang dalam wadah terbuka sehingga hanya bisa dipelajari menggunakan wadah tertutup, dan kerapatannya rendah sehingga sulit ditimbang.

Hukum Boyle menyatakan bahwa, pada suhu konstan, volume gas berbanding terbalik dengan tekanannya dan dinyatakan dengan persamaan  $V_1 \cdot P_1 = V_2 \cdot P_2$ .

Hukum Charles menyatakan bahwa, pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya dan dinyatakan dengan persamaan  $V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1$ .

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa, pada volume konstan, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya dan dinyatakan dengan persamaan  $P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1$ .

Prinsip Avogadro mendefinisikan hukum umum gas, yang disebut Hukum Gas Ideal, persamaannya adalah  $PV = nRT$ . Dari prinsip ini pada suhu dan tekanan yang konstan, volume gas berbanding lurus dengan jumlah mol gas, sehingga gas-gas yang bervolume sama akan memiliki jumlah molekul yang sama.

### *Pre Test*

1. Jelaskan mengapa gas lebih sulit dipelajari daripada benda padat dan cair!
2. Suatu gas pada suhu tetap, tekanannya ditingkatkan menjadi 3 kali semula, tentukan volume akhirnya!
3. Suatu sampel udara menempati wadah volume 1,0 L pada suhu 25 °C dan tekanan 1,00 atm. Berapa tekanan yang diperlukan untuk memampatkannya menjadi 100 cm<sup>3</sup> pada temperatur ini?
4. Sampai suhu berapa 1,0 L sampel gas harus didinginkan dari suhu ruangan agar volumenya berkurang menjadi 100 cm<sup>3</sup>?
5. Gas ideal 340 K dipanaskan pada tekanan tetap sampai volumenya bertambah 14 persen. Berapakah suhu akhir gas?

## B. EKSPERIMEN

### 1. Mengamati Hubungan Volume-Tekanan Gas (Hukum Boyle)

Hukum Boyle menyatakan bahwa, pada suhu konstan, volume gas berbanding terbalik dengan tekanannya. Dalam kegiatan eksperimen ini, anda akan menguji Hukum Boyle secara eksperimental, dengan menggunakan setingan alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.1. Peralatan yang ditunjukkan pada gambar tersebut hanya peralatan laboratorium standar.



Gambar 7.1

Alat Pengukur Volume Gas yang Dikompresi Oleh Massa<sup>81</sup>

Dengan menggunakan peralatan seperti pada Gambar 7.1 di atas, kita akan mulai pekerjaan dengan *syringe* (alat suntik) yang berisi gas dengan volume tertentu pada tekanan atmosfer normal. Kemudian akan menambahkan massa secara bertahap ke wadah di atas *syringe* untuk meningkatkan tekanan pada gas yang terkandung dalam *syringe* dan mencatat volume gas pada tekanan yang berbeda.

Tekanan gas dinyatakan dalam satuan massa, berat, atau gaya per satuan luas. Misalnya, dalam satuan tradisional, tekanan atmosfer standar adalah sekitar 14,7 pon per inci persegi. Para kimiawan menggunakan satuan tekanan dalam SI, pascal (Pa), yang sama dengan satu newton per meter

---

<sup>81</sup>Robert Bruce: Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments

persegi ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$  atau  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-2}$ ). Dalam satuan SI, tekanan atmosfer standar sekitar 101.325 Pa, yang juga dapat dinyatakan sebagai 101,325 kilopascal. Hubungan antara beberapa macam satuan tekanan adalah  $1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 101,325 \text{ kPa} = 760 \text{ mmHg}$ .<sup>82</sup>

Tekanan total yang bekerja pada gas dalam *syringe* adalah jumlah dari tekanan atmosfer, tekanan oleh massa *syringe*, tekanan oleh wadah di atasnya, dan tekanan oleh massa yang ditambahkan kedalam wadah. Karena tekanan ditentukan per satuan luas, kita perlu mengetahui luas lubang *syringe*. Dengan mengetahui semua data tersebut, kita dapat menghitung tekanan gas yang terdapat dalam *syringe* dan menghubungkan tekanan tersebut dengan volume gas yang diamati.

### Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas lab).
- 2) Timbangan dan kertas timbangan
- 3) Jangka sorong
- 4) Barometer (opsional)
- 5) Ring stand (Statip)
- 6) Penjepit atau Klem
- 7) Ring penyangga 4" (100 mm)
- 8) *Syringe* plastik ukuran 10 mL sampai 50 mL
- 9) Minyak mineral atau petroleum jelly (Vaseline)
- 10) Wadah plastik (ukuran sesuai dengan ring penyangga)
- 11) Pluru timah (10 pound atau 5 kilogram)

#### **Peringatan!**

Salah satu bahaya utama dari kegiatan ini adalah peralatan bisa ambruk jika penambahan beban terlalu banyak pada wadah. Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.

---

<sup>82</sup> Ibid 249

#### Alternatif dan Modifikasi

- Jika anda tidak memiliki jangka sorong, anda dapat menggunakan penggaris dengan satuan milimeter, meskipun akan mengurangi keakuratan yang signifikan.
- Jika anda tidak memiliki barometer, anda dapat menggunakan tekanan barometrik yang disiarkan oleh TV lokal atau stasiun radio atau situs cuaca untuk wilayah anda (BMKG).
- Wadah plastik dapat anda ganti menggunakan wadah ringan yang kokoh dengan ukuran yang sama. Misalnya dapat menggunakan kaleng minuman aluminium dengan membuang bagian atasnya.
- Pluru timah dapat anda ganti dengan bahan padat apa pun, seperti anak timbangan, pemberat pancing, spool solder, dan sebagainya. Idealnya, bahan harus cukup padat untuk memberikan wadah setidaknya 3 kilogram massa..

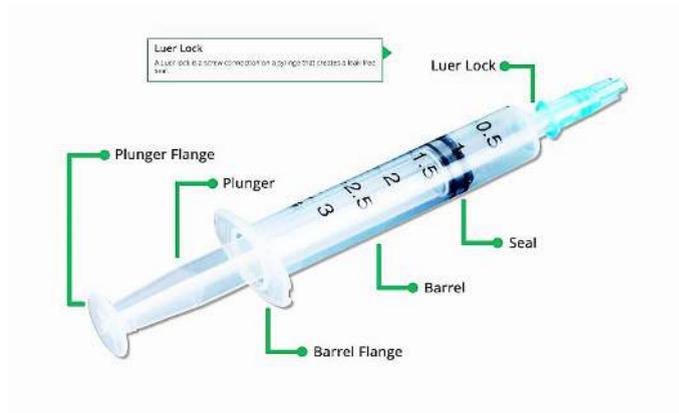
#### Prosedur<sup>83</sup>:

- 1) Gunakan kaca mata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Gunakan jangka sorong untuk mengukur diameter lubang *Syringe* dengan satuan milimeter. Hitung luas permukaan lubang *Syringe* dengan cara membagi dua diameter untuk mencari jari-jarinya ( $1/2 \times \text{Diameter} = \text{jari-jari}$ ), kuadratkan jari-jarinya dan kalikan dengan pi ( $\pi r^2 = \text{Luas}$ ), besar nilai  $\pi$  adalah 3,14159. Hasil perhitungan tersebut satuannya masih dalam milimeter persegi, bagi dengan 1.000.000 untuk merubah satuan tersebut ke meter persegi dan masukkan nilai tersebut pada baris A Tabel 7.1.
- 3) Timbang wadah dan pemompa stik/piston (*plunger*) *Syringe* (hanya pemompa stik saja, bukan badan *Syringe*)

---

<sup>83</sup> Ibid 249

secara bersama-sama, dan catat massa gabungan dari semuanya pada baris B Tabel 7.1.



Gambar 7.2  
Bagian-bagian *Syringe*

- 4) Oleskan sedikit (sekitar 1 tetes) minyak mineral atau *petroleum jelly* (Vaseline) pada karet piston (karet hitam, *seal*). Gunakan secukupnya untuk membuat piston dapat bergerak bebas di dalam tabung *Syringe*.



Gambar 7.3  
Posisi Karet Piston (*seal*)

- 5) Buka tutup bagian ujung *Syringe*, masukkan piston kedalam tabung *Syringe* kemudian tarik-dorong piston keluar-masuk beberapa kali agar pelumas tersebar merata

di dinding bagian dalam tabung *Syringe*. Biarkan ada sedikit hambatan/gesekan yang terasa atau terlihat saat menggerakkan piston.

- 6) Sesuaikan posisi karet piston (*seal*) dengan garis *grad* pada *Syringe*. Setelah piston berada di posisi yang tepat, pasang kembali tutup *Syringe*.
- 7) Jepit *syringe* dengan klem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.3. Pastikan tutup *Syringe* menyentuh dan menekan langsung ke dasar kedudukan statip, agar tidak lepas pada saat penambahan beban ke wadah .
- 8) Dapatkan informasi tekanan atmosfer dengan menggunakan barometer atau dari siaran radio, TV local atau situs BMKG setempat. Ubah satuannya menjadi pascal dan masukkan pada baris C Tabel 7.1.
- 9) Periksa pembacaan volume awal pada *syringe*, dan catat nilai tersebut seakurat mungkin pada baris D Tabel 7.1.
- 10) Timbang 500 g beban (pluru timah atau lainnya) dan masukkan ke wadah yng berada di atas *syringe*. Jika kapasitas timbangan anda kurang dari 500 g, lakukan penimbangan beberapakali sampai memperoleh 500 g. Catat volume gas dalam *syringe* pada baris E Tabel 7.1. Jika penambahan beban 500 g menyebabkan pengurangan volume gas terlalu besar (hal ini dimungkinkan terjadi pada *syringe* berdiameter kecil), maka kurangi massa beban yang diberikan, misalnya 250 g. Sebaliknya, jika penambahan 500 g pertama menyebabkan pengurangan volume gas terlalu sedikit (hal ini dimungkinkan terjadi pada *syringe* berdiameter besar), maka tingkatkan massa beban yang ditambahkan misalnya 1.000 g.
- 11) Ulangi langkah 9, kemudian tambahkan 500 g beban (pluru timah) pada setiap kali penambahan dan catat volume gas di setiap kali penambahan beban tersebut pada Tabel 7.1. Penambahan beban trus dilakukan sampai wadah penuh atau *syringe* sudah tidak bisa

mengompres lagi (volume tidak berubah), hentikan penambahan beban jika salah satunya sudah terjadi. Pada saat anda menambahkan beban, perhatikan stabilitas peralatan, jangan sampai tumpah dan atau ambruk.

- 12) Tekanan atmosfer, massa wadah kosong dan piston, luas lubang *syringe*, dan massa beban yang ditambahkan ke wadah semuanya diketahui. Gaya sama dengan percepatan kali massa ( $F = ma$ ). Percepatan gravitasi ( $a$ ) adalah  $9,81 \text{ ms}^{-2}$ . Tekanan sama dengan gaya dibagi luas ( $P = F/A$ ), dimana luas tersebut adalah luas penampang tabung *syringe*. Dengan menggunakan data-data ini, hitung tekanan dan volume pada masing-masing pembacaan data, dan catat nilai tersebut di kolom kanan Tabel 7.1.

Tabel 7.1  
Lembar Pengamatan Hubungan Antara Volume -  
Tekanan Gas

Item	Hasil Pengamatan	Tekanan Perhitungan	Volume Perhitungan
A. Luas lubang Syringe	____, __ m <sup>2</sup>	____, __ n/a	____, __ n/a
B. Massa wadah dan piston	____, __ g	____, __ n/a	____, __ n/a
C. Tekanan Atmosfer	_____ Pa	____, __ n/a	____, __ n/a
D. Volume Awal	____, __ mL	____, __ n/a	____, __ n/a
E. Volume gas pada beban 500 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
F. Volume gas pada beban 1000 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
G. Volume gas pada beban 1500 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
H. Volume gas pada beban 2000 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL

I. Volume gas pada beban 2500 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
J. Volume gas pada beban 3000 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
K. Volume gas pada beban 3500 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
L. Volume gas pada beban 4000 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
M. Volume gas pada beban 4500 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL
N. Volume gas pada beban 5000 g	____, __ mL	_____ Pa	____, __ mL

### ***Post Test***

1. Buatlah grafik tekanan sebagai sumbu X dan volume sebagai sumbu Y (pertama gunakan volume hasil pengamatan, dan kedua volume hasil perhitungan/perkiraan). Bagaimanakah bentuk grafik yang anda peroleh (linier, eksponensial, dll.)? Seberapa dekatkah kesesuaian nilai hasil pengamatan dengan hasil perhitungan/ perkiraan anda?
2. Hitung persen kesalahan hasil pengamatan anda! Uraikan kesalahan eksperimental apa saja yang mungkin menyebabkan perbedaan antara hasil pengamatan dengan perhitungan!
3. Apakah dengan menggunakan peralatan eksperimen ini anda dapat menentukan massa suatu sampel gas? Jika bisa, bagaimanakah caranya?
4. Diketahui suatu sampel gas dalam peralatan Hukum Boyle memiliki tekanan awal sebesar 29.084 Pa dan volume awal

10.0 mL. Dengan asumsi peralatan sempurna (tanpa gesekan, dll.), Berapa tekanan total yang harus diberikan untuk mengurangi volume gas menjadi 5,0 mL?

## 2. Mengamati Hubungan Volume – Temperatur Gas (Hukum Charles)

Hukum Charles menyatakan bahwa, pada tekanan konstan, volume gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Misalnya, jika suhu sampel gas 7,5 mL dinaikkan dari 293,15 K (20,00 °C) menjadi 373,15 K (100,00 °C), maka volume sampel setelah suhu dinaikkan tersebut meningkat, dan dapat dihitung dengan persamaan Hukum Charles:<sup>84</sup>

$$V_1 \cdot T_2 = V_2 \cdot T_1$$
$$(7,5 \text{ mL}) \cdot (373,15 \text{ K}) = (V_2 \text{ mL}) \cdot (293,15 \text{ K})$$
$$V_2 = \frac{(7,5 \text{ mL}) \times (373,15 \text{ K})}{(293,15 \text{ K})} = 9,5 \text{ mL}$$

Demikian pula, jika suhu sampel gas 7,5 mL diturunkan dari 293,15 K (20 °C) menjadi 194,65 K (-78,50 °C), maka volume sampel setelah suhu diturunkan akan berkurang, dan dapat dihitung dengan persamaan Hukum Charles:

$$(7,5 \text{ mL}) \cdot (194,65 \text{ K}) = (x \text{ mL}) \cdot (293,15 \text{ K})$$
$$V_2 = \frac{(7,5 \text{ mL}) \times (194,65 \text{ K})}{(293,15 \text{ K})} = 5,0 \text{ mL}$$

Dari kedua contoh perhitungan tersebut, diperoleh bahwa volume berbanding lurus dengan suhu, jika suhu dinaikkan  $x$  kali maka volume akan naik  $x$  kali juga, begitu juga jika suhu atau volume diturunkan.

Pada kegiatan eksperimen 2 ini, kita akan menggunakan peralatan yang sama dengan yang kita gunakan pada kegiatan eksperimen 1 (Hukum Boyle). Perbedaannya adalah pada kegiatan eksperimen 1 kita mempertahankan agar suhu

---

<sup>84</sup> Robert Bruce Thompson, “*Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments*”. USA:Dale Doughert. 2008

konstan dan mengubah tekanan, sedangkan pada kegiatan ini kita mempertahankan agar tekanan konstan dan mengubah suhu. Jadi, pada kegiatan ini tidak membutuhkan wadah dan massa, kita hanya mencatat volume yang terdapat dalam *syringe* (alat suntik/semprit) pada suhu kamar, lalu mencelupkannya ke dalam cairan pada berbagai suhu dan mencatat perubahan volume.

#### **Kelvin vs Celsius**

Perhatikan bahwa satuan SI untuk suhu bukan "derajat kelvin" tetapi hanya "kelvin" saja. Skala perubahan suhu Kelvin sama dengan skala perubahan Celsius. Dengan kata lain, menaikkan atau menurunkan suhu sebesar satu derajat Celsius ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) juga meningkatkan atau menurunkan suhu sebesar satu kelvin ( $1\text{ K}$ ).

Perbedaan antara skala Kelvin dan skala Celsius adalah pada garis dasarnya. Skala Kelvin menetapkan suhu  $0\text{ K}$  ke nol mutlak, yang merupakan suhu yang sangat dingin, di mana karena dinginnya bahkan getaran atom berhenti. Skala Celsius menetapkan suhu  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  mengacu pada titik leleh air murni, yang juga dapat dinyatakan sebagai  $273,15\text{ K}$ . Oleh karena itu, pada skala Celsius, nol mutlak adalah  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas lab).
- 2) Thermometer
- 3) Gelas kimia, 150 mL
- 4) Statif
- 5) Klem
- 6) Ring penyangga 4 "(100 mm)
- 7) Kawat kasa
- 8) Lampu alkohol, pembakar gas, atau sumber panas lainnya.
- 9) *Syringe* plastic (Semprit) ukuran 10 mL sampai 50 mL
- 10) Minyak mineral atau petroleum jelly (Vaseline)

### **Alternatif dan Modifikasi**

Jika anda menggunakan es kering, termometer harus akurasi hingga  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Jika anda menggunakan freezer standar, termometer harus akurasi hingga  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  atau lebih. Termometer digital biasa akurasi hingga  $-40$  atau  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan termometer gelas biasa akurasi hingga  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Peringatan!**

Berhati-hatilah saat menggunakan es kering. Pada tekanan atmosfer, es kering menyublim (berubah langsung dari padat menjadi gas) pada suhu  $-78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cukup dingin untuk menyebabkan radang dingin parah jika terkena kulit. Tangani es kering dengan penjepit. Pastikan lampu alkohol atau pembakar gas jauh dari gelas kimia berisi alkohol, paling baik jika di ruangan terpisah. Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan yang kuat, dan pakaian pelindung.

### **Prosedur<sup>85</sup>:**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Oleskan sedikit (sekitar 1 tetes) minyak mineral atau petroleum jelly (Vaseline) pada karet piston (karet hitam). Gunakan secukupnya untuk membuat piston dapat bergerak bebas di dalam tabung *Syringe* (semprit).
- 3) Buka tutup bagian ujung *Syringe*, masukkan piston kedalam tabung *Syringe* kemudian tarik-dorong piston keluar-masuk beberapa kali agar pelumas tersebar merata di dinding bagian dalam tabung *Syringe*. Biarkan ada sedikit hambatan/gesekan yang terasa atau terlihat saat menggerakkan piston.

---

<sup>85</sup> Ibid 254

- 4) Sesuaikan posisi piston sekitar 75% dari volume total *Syringe*. Setelah sesuai pasang kembali tutup *Syringe*, dan catat volume awal pada baris A Tabel 7.2.
- 5) Isi gelas kimia sekitar 90% dari total volumenya dengan etanol, isopropanol, atau aseton dan tambahkan beberapa potong es kering. Masukkan termometer dan amati suhunya sampai stabil pada titik terendah. (Lanjutkan penambahan potongan es kering secukupnya pada saat es kering habis.) Setelah suhu stabil, masukkan *Syringe*, pastikan bagian yang terisi gas berada di bawah permukaan alkohol.



Gambar 7.4

Mengukur volume gas dalam gelas alkohol dan es kering<sup>86</sup>

- 6) Biarkan *Syringe* tetap berada dalam penangas es kering selama dua hingga tiga menit untuk memastikan gas mencapai keseimbangan termal dengan suhu penangas. Setelah keseimbangan termal tercapai tarik *Syringe* dan catat volume gas yang ditunjukkan oleh karet piston. (Masukkan *Syringe* satu atau dua kali untuk memastikan bahwa suhu tersebut benar - benar pada posisi keseimbangan.) Catat suhu rendaman/penangas es dan volume *Syringe* pada baris B Tabel 7.2.
- 7) Keluarkan *Syringe* dari penangas es kering dan pindahkan agar suhunya kembali ke suhu kamar. Setelah selesai,

---

<sup>86</sup> Ibid 254

periksa bahwa volume telah kembali volume awal. (Tekan pompa dengan pelan sekali atau dua kali untuk memastikannya masih bisa bergerak bebas; pembacaan volume harus sama setiap percobaan.)

- 8) Pindahkan gelas kimia dan tutup dengan kaca arloji atau wadah lain secara longgar. (Pastikan ada celah yang memungkinkan gas bisa keluar.) Biarkan es kering habis dan alkohol kembali ke suhu kamar, mungkin memerlukan waktu satu jam atau lebih. Setelah alkohol kembali pada suhu kamar, anda dapat mengembalikannya ke wadahnya. Es kering tidak mencemari alkohol.
- 9) Isi gelas kimia kedua dengan campuran air keran dan es biasa, dan biarkan suhunya stabil pada 0 °C. Pastikan bahwa es tetap tidak meleleh di gelas kimia.
- 10) Pastikan volume awal *Syringe* 75% dari total volumenya, atau berapapun yang anda gunakan pada kegiatan sebelumnya (volume awal udara harus sama untuk semua perlakuan), lalu celupkan *Syringe* ke dalam penangas air es, pastikan bagian yang terisi gas berada di bawah permukaan air es.
- 11) Biarkan *Syringe* berada dalam penangas air es selama dua hingga tiga menit untuk memastikan suhu gas mencapai keseimbangan dengan suhu penangas, lalu tarik *Syringe* dan catat volume udara. Catat suhu penangas es dan volume *Syringe* pada baris C Tabel 7.2.
- 12) Keluarkan *Syringe* dari penangas air es dan letakkan di disebelah agar suhunya kembali ke suhu kamar. Setelah selesai, periksa dan pastikan bahwa volumenya telah kembali ke pembacaan awalnya.
- 13) Ulangi langkah 9 hingga 12 menggunakan air panas dan air mendidih. Catat suhu dan volume masing-masing pada baris D dan E Tabel 7.2.

- 14) Hitung volume yang diharapkan pada setiap suhu, dan masukkan hasilnya pada baris B hingga E di kolom sebelah kanan Tabel 7.2.

**Limbah**

Tidak ada produk limbah yang dihasilkan dalam kegiatan laboratorium ini. Simpan alkohol untuk digunakan pada lampu alkohol atau tujuan lain.

**Ledakan Es Kering**

Anda bisa melakukan demonstrasi berikut ini. Masukkan potongan es kering kedalam sarung tangan lateks dan ikat bagian atas sarung tangan. Pada saat es kering menghangat, ia akan menyublim dari padat menjadi gas dan mengembangkan sarung tangan. Pada saat sarung tang sudah tidak bisa mengembang lagi dan tidak mampu menahan tekanan gas seketika akan meledak dengan keras<sup>87</sup>.

Tabel 7.2

Lembar Pengamatan dan Perhitungan Hubungan volume-temperatur gas

Percobaan	Suhu	Volume Aktual	Volume Perhitungan
A. Suhu Kamar	___.__ K	___.__ mL	n/a
B. Es Kering dalam Alkohol	___.__ K	___.__ mL	___.__ mL
C. Air Es	___.__ K	___.__ mL	___.__ mL
D. Air Keran Panas	___.__ K	___.__ mL	___.__ mL
E. Air Mendidih	___.__ K	___.__ mL	___.__ mL

Hanya saja, jangan menggunakan sesuatu yang lebih kuat/keras dari sarung tangan lateks tipis, apalagi dari gelas atau kaca. Menyimpan atau meletakkan es kering di dalam stoples kaca, botol soda plastik, atau wadah serupa bisa

<sup>87</sup> Dr.Paul Jones dalam Robert Bros Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments.

berakibat tragis. Jika wadah pecah, serpihan kaca atau plastik terpental dengan kecepatan tinggi dan dapat menusuk apa pun atau siapa pun di sekitar area tersebut. Bisa menyebabkan kebutaan bahkan kematian jika melakukan hal-hal yang salah dengan es kering<sup>88</sup>.

### ***Post Test***

1. Buat dua grafik antara suhu (sebagai sumbu x) dengan volume pengamatan dan volume perhitungan (sebagai sumbu y). Bagaimana bentuk umum grafik yang diperoleh (linier, eksponensial, dll.)? Seberapa dekat kesesuaian nilai hasil pengamatan anda dengan nilai perhitungan anda?
2. Tentukan berapa volume sampel gas anda jika anda dapat mendinginkannya hingga nol mutlak? Ekstrapolasikan data eksperimen anda untuk memperkirakan suhu kelvin dari nol mutlak. Seberapa dekat hasil ekstrapolasi anda terhadap suhu sebenarnya nol mutlak (0 K)?
3. Suatu sampel gas memiliki volume 10,00 mL pada suhu 26,85 °C. Dengan tekanan tetap konstan, berapakah volume sampel tersebut pada -173,15 °C dan 126,85 °C?
4. Sebuah sampel gas memiliki volume 10,00 mL pada suhu 26,85 °C. Dengan tekanan konstan, pada suhu berapakah sampel tersebut menempati volume 15.00 mL?

### **3. Mengamati Hubungan Tekanan dengan Temperatur Gas (Hukum Gay – Lussac's)**

Hukum Gay-Lussac menyatakan bahwa, pada volume konstan, tekanan gas berbanding lurus dengan suhu absolutnya. Jika suhu suatu gas dilipat gandakan, maka

---

<sup>88</sup> ibid

tekanannya juga akan berlipat ganda, dan sebaliknya. Hukum Gay-Lussac dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_1 \cdot T_2 = P_2 \cdot T_1$$

Misalnya, jika suhu sampel gas 7,5 mL pada tekanan atmosfer ditingkatkan dari 293,15 K (20,00 °C) menjadi 373,15 K (100,00 °C), maka tekanan gas akan meningkat. Tekanan gas tersebut dapat dihitung dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam persamaan Hukum Gay-Lussac:

$$(101.325 \text{ Pa}) \cdot (373,15 \text{ K}) = (P_2) \cdot (293,15 \text{ K})$$

$$P_2 = \frac{(101.325 \text{ Pa}) \times (373,15 \text{ K})}{(293,15 \text{ K})}$$

$$P_2 = 128.976 \text{ Pa} = 128,976 \text{ kPa}$$

Dari perhitungan tersebut rasio peningkatan suhu sama dengan rasio peningkatan tekanan. Dimana nilai suhu akhir dibagi suhu awal = nilai tekanan akhir dibagi tekanan awal.

Dalam kegiatan eksperimen 3 ini, kita akan mempelajari Hukum Gay-Lussac secara eksperimental dengan menggunakan peralatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.5, dan beberapa data hasil pengukuran pada kegiatan eksperimen pertama. Kita akan memulai eksperimen dengan volume gas diketahui (7,5 mL) yang ada dalam *Syringe* (semprit 10 mL), dimasukkan ke dalam pengas air pada suhu kamar. Kemudian penangas air dipanaskan hingga mendidih, yang akan menyebabkan volume udara di dalam *Syringe* meningkat. Sambil mempertahankan suhu sampel gas konstan dalam penangas air mendidih, kita memberikan beban di atas piston *syringe* hingga karet piston tertekan ke bawah sampai pembacaan volume 7,5 mL (ke volume awal). Dengan mengetahui massa beban yang diberikan, kita dapat menghitung tekanan sampel gas 7,5 mL pada suhu pemanasan tersebut.



Gambar 7.5  
Peralatan untuk Pengamatan Hukum Gay-Lussac<sup>89</sup>

### Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung (Jas lab).
- 2) Timbangan dan kertas timbangan
- 3) Jangka sorong
- 4) Barometer (opsional)
- 5) Statip
- 6) Penjepit atau Klem
- 7) Ring penyangga 4"(100 mm)
- 8) Kasa
- 9) Lampu alkohol, pembakar gas, atau sumber panas lainnya
- 10) Gelas Kimia 150 mL
- 11) *Syringe* plastik ukuran 10 mL sampai 50 mL beserta tutupnya.
- 12) Minyak mineral atau Petroleum jelly (Vaseline)
- 13) Gelas plastik (ukuran sesuai dengan ring penyangga)
- 14) Peluru timah (10 pound atau 5 kilogram)

---

<sup>89</sup> Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments

### **Alternatif dan Modifikasi**

Jika anda menggunakan *Syringe* (semprit), wadah, dan komponen lain sama dengan yang anda gunakan pada kegiatan eksperimen 1, maka anda dapat menggunakan data hasil pengamatan dan perhitungan pada eksperimen 1 tersebut, daripada mengulangi eksperimen lagi.

### **Peringatan!**

Bahaya yang paling mungkin pada kegiatan ini adalah peralatan bisa ambruk ketika anda menambahkan beban terlalu berat ke wadah, dan dapat memercikkan air mendidih ke mana-mana. Oleh karena itu berhati-hatilah dalam menambahkan beban!

### **Prosedur:**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Gunakan jangka sorong untuk mengukur diameter lubang *Syringe* dengan satuan milimeter. Hitung luas permukaan lubang *Syringe* dengan cara membagi dua diameter untuk mencari jari-jarinya ( $1/2 \times \text{Diameter} = \text{jari-jari}$ ), kuadratkan jari-jarinya dan kalikan dengan pi ( $\pi r^2 = \text{Luas}$ ), besar nilai  $\pi$  adalah 3,14159. Hasil perhitungan tersebut satuannya masih dalam milimeter persegi, bagi dengan 1.000.000 untuk merubah satuan tersebut ke meter persegi dan masukkan nilai tersebut pada baris A Tabel 7.3.
- 3) Timbang wadah dan pemompa stik/piston (*plunger*) *Syringe* (hanya pemompa stik saja, bukan badan *Syringe*) secara bersama-sama, dan catat massa gabungan dari semuanya pada baris B Tabel 7.3
- 4) Oleskan sedikit (sekitar 1 tetes) minyak mineral atau *petroleum jelly* (Vaseline) pada karet piston (karet hitam, *seal*). Gunakan secukupnya untuk membuat piston dapat bergerak bebas di dalam tabung *Syringe*.

- 5) Buka tutup bagian ujung *Syringe*, masukkan piston kedalam tabung *Syringe* kemudian tarik-dorong piston keluar-masuk beberapa kali agar pelumas tersebar merata di dinding bagian dalam tabung *Syringe*. Biarkan ada sedikit hambatan/gesekan yang terasa atau terlihat saat menggerakkan piston.
- 6) Sesuaikan posisi karet (seal) piston sekitar 75% dari kapasitas volume *Syringe*. Setelah sesuai pasang kembali tutup *Syringe*, dan catat volume awal pada baris A Tabel 7.3.
- 7) Jepit *syringe* dengan klem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.5. Pastikan tutup *Syringe* menyentuh dan menekan langsung ke dasar kedudukan statip, agar tidak lepas pada saat penambahan beban ke wadah.
- 8) Dapatkan informasi tekanan atmosfer dengan menggunakan barometer atau dari siaran radio, TV lokal, situs BMKG setempat atau lewat aplikasi cuaca pada Hp android anda. Ubah satuannya menjadi pascal dan masukkan di baris C Tabel 7.3
- 9) Periksa pembacaan volume awal pada *syringe*, dan catat nilai tersebut seakurat mungkin pada baris D Tabel 7.3.
- 10) Isi gelas kimia dengan air keran pada suhu kamar, pastikan bahwa bagian tabung *Syringe* yang berisi gas berada di bawah air. Catat suhu tersebut pada baris E Tabel 7.3.
- 11) Didihkan air, dan biarkan terus mendidih selama dua atau tiga menit untuk memastikan gas di dalam *Syringe* mencapai keseimbangan termal dengan air di penangas. Catat suhu pada baris F Tabel 7.3. (Jangan asumsikan air mendidih pada 100 °C; titik didih air bervariasi tergantung tekanan atmosfer.)
- 12) Dengan hati-hati tambahkan beban ke wadah sambil memperhatikan pembacaan volume pada *Syringe*. Saat volume mendekati volume awal, “benturkan” piston

dengan hati-hati menaikkan wadah beban satu atau dua kali dan kemudian letakkan kembali ke atas stik piston. Terus tambahkan beban hingga volumenya sedekat mungkin mendekati volume awalnya.

- 13) Setelah mencapai volume awal, matikan pemanas, kemudian biarkan gelas kimia sampai dingin. Timbang beban dalam wadah dan catat massanya pada baris G Tabel 7.3.
- 14) Dengan menggunakan massa gabungan dari wadah kosong, piston, dan beban (pluru timah), hitunglah tekanan gas dan catat nilai tersebut pada baris H Tabel 7.3

**Limbah**

Tidak ada hasil limbah yang dihasilkan dalam kegiatan laboratorium ini. Simpan pluru timah atau beban lain untuk digunakan pada kegiatan yang akan datang.

Tabel 7.3  
Lembar Pengamatan dan Perhitungan Hubungan Volume-Tekanan gas

Item	Hasil Pengamatan
A. Luas Permukaan Lubang Syring	_____ m <sup>2</sup>
B. Massa wadah kosong dan piston	____.____ g
C. Tekanan awal (atmosfer)	_____ Pa
D. Volume awal terbaca	____.____ mL
E. Temperatur awal terbaca	____.____ °C
F. Temperatur akhir terbaca	____.____ °C
G. Massa beban (pluru timah)	____.____ g
H. Tekanan akhir	_____ Pa

### ***Post Test***

1. Suatu sampel gas berada pada tekanan 101.325 Pa, suhu 26,85 °C, dan memiliki volume konstan 10,00 mL. Jika suhunya dinaikkan menjadi 126,85 °C, berapakah tekanan sampel gas tersebut?
2. Suatu sampel gas berada pada tekanan 101.325 Pa, suhu 26,85 °C, dan volume 10,00 mL. Jika temperatur dinaikkan menjadi 126,85 °C dan volume diturunkan menjadi 5,00 mL, berapakah tekanan sampel gas tersebut?

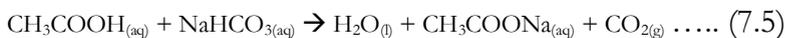
#### **4. Menggunakan Hukum Gas Ideal untuk Menentukan Persentase Asam Asetat dalam Venegar**

Hukum Gas Ideal menyatakan bahwa  $PV = nRT$ , di mana  $P$  adalah tekanan absolut,  $V$  adalah volume,  $n$  adalah jumlah mol,  $R$  adalah konstanta gas ideal, dan  $T$  adalah suhu dalam kelvin. Jika empat variabel diketahui nilainya, maka variabel kelima dapat ditentukan nilainya. Nilai  $R$ , konstanta gas ideal, bergantung pada satuan volume dan tekanan yang digunakan. Dalam satuan SI, nilai  $R$  adalah 8,314472 joule per mol per kelvin ( $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ), dapat juga dinyatakan sebagai  $8,314472 L \cdot kPa \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ .

Pada kegiatan eksperimen 4 ini, kita akan menggunakan konstanta gas ideal untuk menentukan persentase asam asetat dalam venegar. Kebanyakan venegar mengandung 5% asam asetat, tetapi standar industri mengizinkan persentase tersebut bervariasi dari 4,5% hingga 5,5%. Untuk menentukan persentase massa asam asetat dalam sampel, kita akan mereaksikan cuka dengan natrium hidrogen karbonat berlebih (natrium bikarbonat atau soda kue) untuk menghasilkan air, natrium asetat, dan gas karbon dioksida. Berikut persamaan reaksinya<sup>90</sup>:

---

<sup>90</sup> Ibid 260



Secara stoikiometri, satu mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  bereaksi dengan satu mol  $\text{NaHCO}_3$  untuk menghasilkan satu mol  $\text{H}_2\text{O}$ , satu mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , dan satu mol  $\text{CO}_2$ . Karena nilai konstanta gas ideal ( $R$ ) diketahui dan secara eksperimen kita dapat menentukan tekanan ( $P$ ), suhu ( $T$ ), dan volume  $\text{CO}_2$ , maka Hukum Gas Ideal dapat digunakan untuk menentukan jumlah mol  $\text{CO}_2$ . Setelah mol  $\text{CO}_2$  diketahui maka jumlah mol asam asetat ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) yang ada dalam sampel cuka dapat ditentukan. Dengan demikian, persentase massa asam asetat dalam sampel dapat diturunkan dengan perhitungan sederhana<sup>91</sup>.

Perlengkapan yang digunakan pada kegiatan eksperimen ini dapat diperoleh pada toko-toko penjual perlengkapan laboratorium, atau dapat juga dibuat sendiri dari wadah atau alat yang ada. Botol penghasil gas dapat menggunakan labu Erlenmeyer 250 mL, sumbat karet satu lubang, dan pipa kaca yang pendek. Wadah tempat air bisa menggunakan bak plastik besar yang biasanya digunakan untuk penyimpanan bahan kimia. Wadah penampung gas dapat dibuat dari botol minuman 2 liter seperti gambar 7.6. Susun alat-alat modifikasi tersebut seperti Gambar 7.6.



Gambar 7.6  
Rangkaian Peralatan Penghasil dan Penampung Gas

---

<sup>91</sup> Ibit 260

Gelas ukur 100 mL juga bisa digunakan sebagai wadah penampung gas, yang akan memudahkan kita melakukan pengukuran volume gas secara langsung. Namun sebelum memilih wadah yang akan digunakan perlu mempertimbangkan beberapa hal berikut:

- 1) Pada suhu dan tekanan standar (STP), satu mol gas memiliki volume sekitar 22,4 liter atau 22.400 mL.
- 2) Dengan kapasitas penuh gelas ukur 100 mL berisi sekitar  $(100 \text{ mL}) / (22.400 \text{ mL/mol})$  mol gas, atau sekitar 0,0045 mol.
- 3) Massa molekul asam asetat adalah 60,05 g/mol, jadi 0,0045 mol memiliki massa sekitar 0,27 g asam asetat.
- 4) Jika persentase massa larutan cuka 5%, 0,27 g asam asetat, maka akan diperlukan cuka sekitar 5,36 g.
- 5) Untuk memastikan agar volume gas yang dihasilkan tidak melebihi kapasitas gelas ukur, maka massa cuka yang digunakan harus kurang dari 5,36 g, misalnya berkurang 25% dibawahnya. Jika pengurangannya 25% maka massa cuka yang digunakan sekitar 3,66 atau 4,00 g.
- 6) Menggunakan reaktan dengan massa kecil seperti itu dapat menimbulkan kesalahan eksperimental yang signifikan, karena ketelitian berkurang dalam menimbang dan mengukur volume.
- 7) Untuk mengurangi kesalahan maka dapat menggunakan wadah penampung gas yang lebih besar, dan tetap melakukan perhitungan perkiraan ideal massa reaktan yang akan digunakan<sup>92</sup>.

Pada kegiatan ini kita akan menggunakan wadah penampung gas dari botol minuman 2 liter. Memiliki kapasitas 20 kali kapasitas gelas ukur 100 mL. Kelebihan menggunakan botol minuman antara lain ukuran lebih besar, mudah

---

<sup>92</sup> Ibid 261

dimodifikasi, gampang diperoleh, dan memiliki tutup ulir yang menjadikannya mudah disegel. Ukurannya yang lebih besar memberikan kita dapat menggunakan jumlah reaktan yang lebih besar, sehingga dapat meminimalkan kesalahan pengukuran<sup>93</sup>.

### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Timbangan
- 3) *Paper towel* (handuk kertas/Tisu makan)
- 4) Barometer (opsional)
- 5) Termometer
- 6) Gelas ukur 100 mL
- 7) Corong
- 8) Labu Erlenmeyer 250 mL
- 9) Sumbat labu, 1 lubang
- 10) Pipa kaca, 75 mm (sesuai dengan sumbat)
- 11) Pipa plastik (sekitar 500 mm; sesuai ukuran pipa kaca)
- 12) Botol minuman, 2 liter, beserta tutupnya
- 13) Bak besar, 17 L
- 14) vinegar (75.0 g)
- 15) Natrium hidrogen karbonat (7.5 g)

#### **Alternatif dan Modifikasi**

- Jika anda tidak memiliki barometer, anda dapat mencari perkiraan tekanan udara di situs BMKG wilayah anda atau situs/aplikasi cuaca lainnya.
- Anda dapat menggunakan wadah penampung gas komersial sebagai pengganti peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 7.6.
- Jika kesulitan memperoleh pipa kaca yang sesuai, dapat menggunakan jarum suntik besar atau jarum pengisi tinta printer.
- Pipa plastik bisa menggunakan pipa impus.

---

<sup>93</sup> Ibid 261

### Prosedur:

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 2) Pasang wadah penampung gas seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7.6. (Hati-hati saat anda memasukkan pipa kaca ke dalam sumbat labu; lumasi dengan vaseline, dan putar pipa secara perlahan dan terus-menerus sambil sedikit menekannya agar pipa masuk perlahan. Gunakan handuk tebal atau barang serupa sebagai pelindung tangan anda jika pipa kaca pecah).
- 3) Ukur volume wadah dengan cara mengisi gelas ukur 100 mL dengan air kemudian menuangkannya ke dalam wadah penampung gas, lakukan secara berulang-ulang sampai wadah penuh. Catat volume dalam satuan liter seakurat mungkin pada baris A Tabel 7.4.
- 4) Wadah ditutup (dalam hal ini botol minuman) kembali dan letakkan di meja.
- 5) Letakkan gelas ukur 100 mL di atas timbangan, nolkan timbangan, dan timbang 75,00 g cuka. Catat massa cuka sampai ketelitian 0,01 g pada baris B Tabel 7.4.
- 6) Pindahkan cuka ke dalam wadah penghasil gas (dalam hal ini gelas Erlenmeyer). Untuk memastikan semua cuka dipindahkan ke dalam wadah, bilas gelas ukur dua atau tiga kali dengan beberapa mL air dan tuangkan air bilasan ke dalam wadah penghasil gas.
- 7) Letakkan seperempat lembar *Paper towel* (tissue makan) di atas timbangan, nolkan kemudian timbang sekitar 7,5 g natrium hidrogen karbonat. Jumlah pastinya tidak penting, selama natrium hidrogen karbonat secara stoikiometri berlebih dari jumlah asam asetat.
- 8) Kumpulkan natrium hidrogen karbonat di bagian tengah tissue makan, kemudian gulung tisu tersebut hingga

beberapa lapis tisu menutupi natrium hidrogen karbonat. Ikat dengan karet gelang atau selotip kecil.

- 9) Letakkan wadah penampung gas (botol minuman besisi air) dengan posisi terbalik di dalam bak plastik. Dengan posisi mulut wadah terendam di dalam air, buka tutupnya dan sandarkan wadah ke sudut bak. (Jika wadah/botol tidak bisa diam di tempat, anda dapat menahannya menggunakan benda lain untuk mencegah mulut wadah tergelincir di dasar bak. Atau, letakkan batu bata di dalam bak sebagai penyangga agar wadah tetap tegak.)
- 10) Masukkan ujung pipa plastik ke dalam wadah.
- 11) Masukkan kemasan natrium hidrogen karbonat ke dalam wadah penghasil gas (Erlenmeyer) dan segera tutup dengan kuat.
- 12) Cuka akan meresap ke dalam kemasan tisu makan. Segera setelah cuka menembus tisu makan, reaksi dimulai dan desis karbon dioksida yang dihasilkan terdengar kuat. Akibat tekanan yang meningkat dalam wadah akan memaksa karbon dioksida mengalir melalui pipa plastik dan masuk ke dalam wadah penampung gas, dan gas akan menggantikan posisi air dalam wadah.
- 13) Pegang wadah penampung gas (botol) agar tidak terbalik saat terisi gas. Ketika reaksi berhenti dan gelembung gas tidak lagi terbentuk, pindahkan ujung pipa plastik dari wadah penampung gas dan tutup kembali wadah (botol) sambil mempertahankan posisi mulutnya tetap berada di dalam air.
- 14) Keluarkan wadah penampung gas dari bak dan keringkan bagian luarnya dengan tisu.
- 15) Tentukan volume air yang tersisa di dalam wadah penampung gas (botol) dengan menggunakan gelas ukur 100 mL. Catat total volume air yang tersisa di botol penampung gas dalam satuan liter pada baris C Tabel 7.4.

- 16) Tentukan volume gas yang dihasilkan dengan cara mengurangi volume wadah penampung gas/botol minuman (baris A) dengan volume air yang tersisa (baris C). Catat volume gas yang dihasilkan pada baris D Tabel 7.4
- 17) Cari informasi tentang tekanan atmosfer di wilayah anda dalam satuan kilopascal (kPa) dan masukkan nilai tersebut pada baris E Tabel 7.4.
- 18) Gunakan termometer untuk mengukur suhu ruangan, konversi ke dalam kelvin dan masukkan nilai tersebut pada baris F Tabel 7.4.
- 19) Gunakan persamaan hukum gas ideal,  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  untuk menghitung  $n$ , jumlah mol gas hasil reaksi (karena koefisien gas  $\text{CO}_2$  sama dengan koefisien asam asetat, maka jumlah mol  $\text{CO}_2$  sama dengan jumlah mol asam asetat). Hitung Tekanan (dalam kPa), volume (dalam L), dan suhu (dalam K). Konstanta gas ideal,  $R$ , adalah  $8,314472 \text{ L} \cdot \text{kPa} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Masukkan nilai tersebut pada baris G Tabel 7.4.
- 20) Diketahui massa massamolar asam asetat adalah  $60,05 \text{ g/mol}$ . Tentukan massa asam asetat dengan cara mengalikan jumlah mol (baris G) dengan massa molarnya  $60,05 \text{ g/mol}$ , dan masukkan nilai tersebut pada baris H Tabel 7.4.
- 21) Hitung persentase massa asam asetat dalam cuka dengan cara membagi massa asam asetat (baris H) dengan massa sampel cuka (baris B) dan mengalikan hasilnya dengan 100. Masukkan nilai tersebut pada baris I Tabel 7.4.

**Limbah**

Limbah dari kegiatan ini hanya larutan encer natrium asetat dan natrium hidrogen karbonat, dan dapat dibuang di wastafel kemudian disiram dengan air yang banyak.

### Opsi Percobaan

Jika Anda memiliki waktu dan bahan yang diperlukan, pertimbangkan untuk melakukan kegiatan opsional berikut:

- Buktikan hasil eksperimen anda pada kegiatan eksperimen ini dengan mengukur konsentrasi asam asetat dalam sampel cuka melalui metode titrasi.
- Ada dua kemungkinan sumber kesalahan eksperimen yang signifikan yang diabaikan dalam kegiatan ini. Pertama, karbon dioksida larut dalam air, yang mengurangi jumlah gas yang diperoleh. Kedua, karbon dioksida dapat menyerap air dalam bentuk uap pada saat bergelembung melewati air dalam wadah, hal ini dapat meningkatkan jumlah gas yang diperoleh. Gunakan sumber referensi yang baku tentang kelarutan karbon dioksida dalam air dan tekanan uap air (keduanya peka terhadap suhu) dan setelah itu silahkan anda putuskan bagaimana dapat memperhitungkan variabel-variabel ini dalam perhitungan hasil eksperimen anda tersebut.

Tabel 7.4

### Lembar Pengamatan Eksperimen Menentukan Persentase Asam Asetat dalam Cuka

Item	Hasil Pengamatan
A. Volume wadah penampung gas	____.____ L
B. Massa Cuka (Vinegar)	____.____ g
C. Volume air yang tersisa	____.____ L
D. Volume gas hasil reaksi	____.____ L
E. Tekanan atmosfer	____.____ kPa
F. Suhu kamar	____.____ K
G. Mol gas (= mol asam asetat)	____.____ mol
H. Massa asam asetat ( $G \cdot 60,05 \text{ g / mol}$ )	____.____ g
I. Persentase massa asam asetat ( $H \cdot 100 / B$ )	____.____ %

### Post Test

1. Jika reaksi antara asam asetat dan natrium hidrogen karbonat menghasilkan 1.585 liter gas karbondioksida

pada suhu 297,0 K dan tekanan 100.000 kPa, berapa mol karbon dioksida yang dihasilkan?

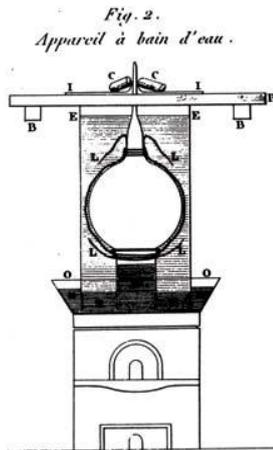
2. Diketahui suatu gas pada suhu 273,15 K dan tekanan 101,325 kPa. Tentukan volume yang ditempati oleh 1 mol gas tersebut!

### 5. Menentukan Massa Molar dari Massa Jenis Uap

Menurut Hukum Gas Ideal,  $PV = nRT$ . Menyusun ulang persamaan ini untuk menempatkan  $n$ , jumlah mol, di satu sisi menghasilkan:

$$n = \frac{PV}{RT} \dots\dots\dots(7.6)$$

Jika suatu ampel gas dalam wadah, diketahui harga  $R$  (konstanta gas ideal), tekanan ( $P$ ), volume ( $V$ ), dan suhu ( $T$ ), maka jumlah mol gas tersebut dapat ditentukan. Karena jumlah mol sampel ( $n$ ) sama dengan massa sampel dibagi massa molar sampel, maka massa sampel kita perlukan untuk menghitung massa molar zat.



Gambar 7.7  
Peralatan yang digunakan oleh Dumas pada tahun 1826 untuk menentukan massa molar dari massa jenis uap

Pada tahun 1826, kimiawan Prancis Jean Baptiste André Dumas mengembangkan metode dan alat untuk menentukan massa molar dari massa jenis uap. Peralatan yang digunakan Jean Baptiste André Dumas seperti yang diilustrasikan pada Gambar 7.7

Robert Bruce-Thompson menggunakan peralatan yang lebih sederhana, yang ditunjukkan pada Gambar 7.8, untuk menentukan massa molar aseton dengan metode Dumas. Robert Bruce melakukan percobaan dengan alat tersebut diawali dengan mengukur secara akurat massa labu Erlenmeyer kosong dan selembar aluminium foil yang digunakan sebagai penutupnya. Kemudian memasukkan sedikit aseton cair ke dalam labu dan merendamnya dalam bak air panas untuk mendidihkan aseton, agar berubah menjadi uap. Saat aseton menguap, udara di dalam labu keluar melalui lubang kecil di aluminium foil. Ketika semua aseton telah menguap, diukur suhunya ( $T$ ), kemudian labu didinginkan, sehingga uap mengembun menjadi aseton cair. Labu ditimbang kembali untuk menentukan massa uap aseton yang dikandungnya. Kemudian menentukan volume ( $V$ ) labu, dan tekanan atmosfer ( $P$ ). Dengan menggunakan data tersebut, kemudian menghitung massa molar aseton.



Gambar 7.8

Peralatan Robert Bruce-Thompson untuk menentukan massa molar dari massa jenis uap<sup>94</sup>

---

<sup>94</sup> Ibid 265

## Alat dan Bahan

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Timbangan
- 3) Barometer (opsional)
- 4) Termometer
- 5) Gelas ukur 100 mL
- 6) Labu Erlenmeyer 250 mL
- 7) Gelas Kimia 250 mL
- 8) Statip
- 9) Klem
- 10) Jarum
- 11) Aluminium foil
- 12) Air panas
- 13) Aseton (5 mL)

### Alternatif dan Modifikasi

- Gunakan labu Erlenmeyer terbesar yang anda miliki yang beratnya kurang dari kapasitas maksimum timbangan anda. Jika anda menggunakan labu Erlenmeyer besar, tambah jumlah aseton secara proporsional. Misalnya, dengan labu 500 mL, gunakan 10 mL aseton.
- Percobaan ini memerlukan peningkatan suhu secara perlahan hingga aseton mendidih. Cara mudah dan paling konsisten dalam melakukan pemanasan adalah dengan menggunakan panci dapur atau wadah serupa sebagai wadah air hangat. Pada tekanan standar, aseton mendidih pada suhu sekitar 56,5 °C. Diamkan labu di dalam wadah penangas air, dan tambahkan air suhu sekitar 50 °C untuk merendam labu. Biarkan beberapa menit agar labu dan isinya stabil pada suhu penangas air, lalu mulai tambahkan sedikit air mendidih sambil diaduk sampai aseton dalam labu mulai mendidih.

### Peringatan!

Meskipun hanya sedikit yang digunakan pada kegiatan percobaan ini, tetapi aseton sangat mudah terbakar. Berhati-hatilah, jangan samapai cairan atau uap aseton samapai mengenai api. Gunakan *exhaust hood* (penyedot udara), atau lakukan percobaan di luar ruangan atau di tempat yang berventilasi baik. Air pada suhu 50 °C cukup panas untuk membuat anda luka parah. Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.

**Prosedur<sup>95</sup>:**

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Rekatkan dengan longgar selebar aluminium foil pada mulut labu.
- 3) Timbang labu dan aluminium foil, dan catat massanya dengan ketelitian 0,01 g pada baris A Tabel 7.5.
- 4) Masukkan  $\pm 5$  mL aseton ke dalam labu.
- 5) Rekatkan dengan erat aluminium foil pada leher labu (menutupi mulut labu), dan gunakan pin atau jarum untuk melubangi bagian tengahnya.
- 6) Rangkai alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.7.
- 7) Celupkan labu ke dalam penangas air dengan agak dimiringkan agar cairan terlihat, dan panaskan labu secara bertahap sampai aseton cair mendidih. Saat aseton mendidih, uap aseton akan menggantikan udara di dalam labu (uap aseton memenuhi labu).
- 8) Saat aseton mendidih tampak tinggal beberapa tetes, ukur suhu penangas air (karena pemanasan secara bertahap, maka suhu di dalam labu sama dengan suhu penangas air). Catat suhu dalam kelvin pada baris B Tabel 7.5.
- 9) Segera angkat labu dari penangas air, dan alirkan air dingin di atasnya. Saat labu mendingin, uap aseton akan mengembun di dalam labu.
- 10) Keringkan bagian luar labu dengan tisu.
- 11) Timbang kembali labu, aluminium foil, dan kondensat aseton, dan catat massa gabungan tersebut (dengan ketelitian 0,01 g) pada baris C Tabel 7.5.
- 12) Lepas aluminium foil dari labu, tuangkan kondensat aseton, lalu masukkan lagi labu ke dalam penangas air panas. Biarkan labu menghangat selama satu atau dua menit sampai anda menyelesaikan perhitungan berikut.

---

<sup>95</sup> Ibid 265

- 13) Hitung massa kondensat aseton, dan masukkan massa tersebut pada baris D Tabel 7.5.
- 14) Hitung jumlah mol kondensat aseton, dan masukkan pada baris E dari Tabel 14-5.
- 15) Angkat labu dari penangas air dan pastikan tidak ada cairan yang tersisa di dalam labu. Gunakan gelas ukur untuk mengisi labu dengan air sampai penuh, catat volume total air yang dikandung oleh labu pada baris F Tabel 7.5.
- 16) Gunakan barometer (atau laporan cuaca lokal) untuk menentukan tekanan atmosfer. Catat tekanan atmosfer pada baris G Tabel 7.5.
- 17) Dengan diketahuinya suhu, massa, volume, dan tekanan aseton, anda sudah dapat menghitung massa molar aseton. Hitung dan masukkan hasilnya pada baris H Tabel 7.5.

**Limbah**

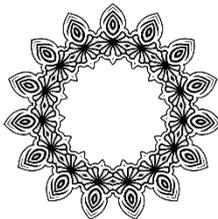
Tidak ada limbah yang dihasilkan dalam kegiatan ini.

Tabel 7.5  
Lembar Pengamatan Penentuan Massa molar dari  
Massa Jenis Uap

Item	Nilai
A. Massa labu + aluminium foil	____.____ g
B. Suhu penangas air.	____.____ K
C. Massa labu + aluminium foil + kondensat aseton.	____.____ g
D. Massa kondensat aseton (C - A)	____.____ g
E. Mol kondensat aseton (D/58.09 g/mol)	____.____ mol
F. Volume labu	____.____ mL
G. Tekanan atmosfer	____.____ kPa
H. Massa molar aseton	____.____ g/mol

### ***Post Test***

1. Massa molar aseton sebenarnya adalah 58,09 g/mol. Seberapa dekat kesesuaian hasil eksperimen anda dengan nilai sebenarnya tersebut? Berikan setidaknya dua alasan mengapa hasil yang anda peroleh berbeda!
2. Apakah metode ini bisa digunakan tanpa modifikasi untuk menentukan massa molar asam triklorasetat? Jika tidak, mengapa tidak, dan modifikasi peralatan apa yang diperlukan untuk menentukan massa molar asam triklorasetat?
3. Pada suhu 25 °C, tekanan uap aseton sekitar 26,67 kilopascal. Apakah informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan keakuratan massa molar aseton yang dihitung? Jika ya, bagaimana caranya?
4. Modifikasi apa yang dapat anda lakukan pada prosedur ini untuk mengurangi kesalahan dalam eksperimen?
5. Jika sampel anda tidak diketahui, apakah anda dapat mengidentifikasi zat tersebut dari massa molar yang anda peroleh secara eksperimental? Data lain apa saja yang anda perlukan untuk dapat mengidentifikasi sampel tersebut?



Halaman Sengaja Dikosongkan



# BAB VIII

## KESETIMBANGAN KIMIA

---

### A. PRINSIP *LE CHATELIER*

Kesetimbangan kimia adalah keadaan dimana konsentrasi reaktan dan produk tidak mengalami perubahan terhadap waktu. Keadaan ini terjadi apabila laju reaksi kekanan (konversi reaktan menjadi produk) sama dengan laju reaksi kekiri (konversi produk menjadi reaktan). Laju reaksi ini secara umum lebih besar dari nol, tetapi karena laju reaksi tersebut sama, dimana laju reaktan terkonversi menjadi produk sama dengan laju produk terkonversi menjadi reaktan, sehingga menghasilkan perubahan konsentrasi reaktan dan produk sama dengan nol. Keadaan sistem seperti ini dikatakan telah mencapai kesetimbangan kimia dinamis<sup>96</sup>.

Kesetimbangan disebut "dinamis" karena setiap perubahan lingkungan reaksi yang terjadi seperti konsentrasi, suhu, volume, atau tekanan akan menyebabkan perubahan pada kesetimbangan yang sesuai dengan perubahan lingkungan tersebut. Sebagai contoh, jika reaksi kimia mencapai kesetimbangan dinamis dan kemudian reaktan ditambah, maka sistem reaksi akan berubah untuk mencapai kesetimbangan dinamis yang baru. Pada penambahan reaktan, beberapa (tidak semua) reaktan yang ditambahkan bereaksi membentuk produk, sehingga merubah konsentrasi keduanya reaktan dan produk. Demikian juga jika produk diambil dari sistem reaksi kesetimbangan dinamis, maka kesetimbangan akan berubah karena bertambahnya reaktan yang terkonversi menjadi produk.<sup>97</sup>

Kimiawan Perancis Henry Louis Le Chatelier menjelaskan pengaruh perubahan lingkungan terhadap kesetimbangan kimia

---

<sup>96</sup> Robert Bruce Thompson.229.

<sup>97</sup> Ibid.

dinamis dalam sebuah pernyataan singkat yang dikenal oleh semua ahli kimia sebagai Prinsip Le Chatelier:

"Jika sistem kimia yang telah mencapai kesetimbangan kimia dinamis kemudian dikenakan perubahan pada konsentrasi, suhu, volume, atau tekanannya, maka akan terjadi pergeseran keadaan kesetimbangan untuk merespon perubahan yang dikenakan tersebut"<sup>98</sup>

Sangat penting untuk memahami dua hal tentang Prinsip Le Chatelier. Pertama, perubahan sistem kesetimbangan hampir tidak dapat kembali ke kondisi sistem kesetimbangan semula. Misalnya, jika menambahkan reaktan pada sistem reaksi yang telah mencapai kesetimbangan kimia dinamis, konsentrasi reaktan pada keadaan kesetimbangan yang baru akan lebih tinggi daripada keadaan kesetimbangan sebelumnya. Kedua, Prinsip Le Chatelier adalah kualitatif, bukan kuantitatif. Artinya, menerapkan Prinsip Le Chatelier memberitahu kita apakah reaksi akan bergeser ke kiri (pembentukan reaktan) atau ke kanan (pembentukan produk), tetapi tidak dapat memberitahu kita seberapa jauh reaksi atau seberapa banyak konsentrasi akhir dari reaktan dan produk<sup>99</sup>.

## **Rangkuman**

Kesetimbangan kimia adalah keadaan dimana konsentrasi reaktan dan produk tidak mengalami perubahan terhadap waktu, karena laju reaksi kekanan (konversi reaktan menjadi produk) sama dengan laju reaksi kekiri (konversi produk menjadi reaktan). Sistem kesetimbangan dinamis adalah sistem kesetimbangan yang akan berubah keadaan kesetimbangannya jika dikenakan perubahan pada lingkungan sistem reaksi seperti konsentrasi, suhu, volume, dan tekanan.

Dua hal penting tentang Prinsip Le Chatelier. Pertama, perubahan sistem kesetimbangan hampir tidak dapat kembali ke

---

<sup>98</sup> Ibid.

<sup>99</sup> Ibid.230

kondisi sistem kesetimbangan sebelumnya. Kedua, Prinsip Le Chatelier adalah kualitatif, bukan kuantitatif.

### ***Pre Test***

1. Kapan suatu sistem reaksi dikatakan telah mencapai kesetimbangan?
2. Uraikan apa yang akan terjadi jika pada sistem kesetimbangan dinamis ditambahkan reaktan atau produk dikurangi!
3. Berdasarkan Prinsip Le Chatelier, mengapa perubahan sistem reaksi kesetimbangan tidak dapat balik ke kondisi sistem kesetimbangan sebelumnya?

## **B. EKSPERIMEN**

### **1. Mengamati Prinsip Le Chatelier**

Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa jika pada sistem kesetimbangan dinamis terjadi perubahan konsentrasi, suhu, volume, atau tekanan, maka akan terjadi pergeseran kesetimbangan sebagai respon perubahan tersebut. Pada kegiatan eksperimen ini, kita akan mempelajari berbagai reaksi yang berada dalam keadaan kesetimbangan kimia dinamis, dan mengamati pengaruh dari perubahan faktor lingkungannya.

#### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung
- 2) Pipet tetes atau pipet beral
- 3) Tabung reaksi 6 buah dan rak tabung
- 4) Gelas kimia 150 mL 2 buah
- 5) Lampu alkohol atau pemanas lainnya
- 6) Klem melingkar
- 7) Kasa
- 8) Batang pengaduk
- 9) Air keran
- 10) Natrium klorida, NaCl (~ 40 g)
- 11) Natrium karbonat, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (~ 1,6 g)

- 12) Magnesium sulfat,  $\text{MgSO}_4$  (~ 1,3 g)
- 13) Asam klorida, HCl pekat
- 14) Minuman berkarbonasi, 2 buah

Kegiatan eksperimen ini terdiri dari empat bagian, yang masing-masing akan mengamati pengaruh dari salah satu faktor yaitu konsentrasi, suhu, volume, dan tekanan terhadap keadaan sistem keseimbangan dinamis. Pada saat Anda melakukan percobaan, catat pengamatan Anda di lembar pengamatan.

Dengan pengecualian dari asam klorida pekat, bahan kimia yang digunakan di laboratorium ini cukup aman. Asam klorida adalah beracun, korosif, dan menghasilkan asap yang mengiritasi. Percobaan ini menggunakan api terbuka, jadi gunakan hati-hati dan memiliki alat pemadam kebakaran berguna. Pakailah kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung.

### **Pengaruh Konsentrasi Terhadap Kesetimbangan**

Pada kegiatan laboratorium bagian ini, kita akan menguji pengaruh perubahan konsentrasi ion reaktan larutan jenuh natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ). Larutan tersebut mengandung ion natrium ( $\text{Na}^+$ ) dan ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ). Untuk sampel larutan natrium klorida jenuh, kita akan menambahkan asam klorida pekat (yang mengandung ion  $\text{Cl}^-$  tetapi tidak mengandung ion  $\text{Na}^+$ ), larutan natrium karbonat jenuh (mengandung  $\text{Na}^+$  tetapi tidak mengandung ion  $\text{Cl}^-$ ), dan larutan magnesium sulfat jenuh (tidak mengandung kedua ion tersebut), dan mengamati pengaruhnya pada larutan natrium klorida jenuh.

#### **Prosedur:**

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Siapkan larutan jenuh natrium karbonat dengan menambahkan sekitar 1,6 g natrium karbonat ke dalam 5 mL air dalam tabung reaksi. Aduk atau kocok larutan untuk memastikan bahwa natrium karbonat larut sepenuhnya, dan terus tambahkan natrium karbonat sampai terbentuk

- sedikit endapan di bagian bawah tabung reaksi. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.
- 3) Siapkan larutan jenuh magnesium sulfat dengan menambahkan sekitar 1,3 g magnesium sulfat ke dalam 5 mL air dalam tabung reaksi. Aduk atau kocok larutan untuk memastikan bahwa magnesium sulfat larut sepenuhnya, dan terus tambahkan magnesium sulfat sampai terbentuk sedikit endapan di bagian bawah tabung reaksi. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.
  - 4) Siapkan larutan jenuh natrium klorida dengan menambahkan sekitar 40 g natrium klorida ke dalam 100 mL air dalam gelas kimia kecil atau labu. Aduk atau kocok larutan untuk memastikan bahwa natrium klorida larut sempurna, dan terus tambahkan natrium klorida sampai terbentuk sedikit endapan di bagian bawah gelas kimia. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.
  - 5) Siapkan 4 buah tabung reaksi, kemudian pindahkan sekitar 5,0 mL larutan natrium klorida jenuh ke dalam masing-masing tabung reaksi tersebut. Berikan label tabung reaksi tersebut dari A sampai D, dan jadikan satu dari salah satu tabung tersebut sebagai kontrol (misalnya Tabung D). Jumlah yang tepat dari larutan yang dipindahkan ini tidak penting, tapi pastikan bahwa setiap tabung reaksi tersebut berisi larutan dengan jumlah volume yang sama (bisa lebih atau kurang dari 5 mL tapi jumlahnya harus sama untuk ke-4 tabung reaksi tersebut.)
  - 6) Tempatkan tabung reaksi berdekatan satu sama lain di rak tabung reaksi dan di bawah pencahayaan yang terang. (Ini dilakukan agar lebih mudah mengamati reaksi yang mungkin terjadi, lebih baik lagi jika anda meletakkan kertas berwarna hitam di belakang rak tabung reaksi.)
  - 7) Tambahkan tetes demi tetes asam klorida pekat ke tabung A, amati perubahan yang terjadi dari setiap tetes penambahan HCl pekat. Teruskan penambahan asam

klorida sampai sekitar 5 mL. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.

- 8) Tambahkan larutan jenuh natrium karbonat tetes demi tetes ke tabung B, amati perubahan yang terjadi dari setiap tetes penambahan larutan jenuh natrium karbonat. Teruskan penambahan larutan jenuh natrium karbonat sampai anda menambahkan sekitar 5 mL. Catat hasil pengamatan anda pada table berikut.

Tabel 8.1  
Lembar Pengamatan Pengaruh Konsentrasi Terhadap  
Keseimbangan

Prosedur	Pengamatan
larutan jenuh $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 1.6 g atau lebih + 5 mL air	
larutan jenuh $\text{MgSO}_4$ 1.3 g atau lebih + 5 mL air	
larutan jenuh $\text{NaCl}$ 40 g atau lebih + 5 mL air	
Tabung A (5 mL lart. jenuh $\text{NaCl}$ ) + HCl pekat	
Tabung B (5 mL lart. jenuh $\text{NaCl}$ ) + larutan jenuh $\text{Na}_2\text{CO}_3$	
Tabung C (5 mL lart. jenuh $\text{NaCl}$ ) + larutan jenuh $\text{MgSO}_4$	
Tabung D (5 mL lart. jenuh $\text{NaCl}$ ) + air	

- 9) Tambahkan larutan jenuh magnesium sulfat tetes demi tetes ke tabung C. Amati perubahan yang terjadi pada setiap tetes penambahan larutan jenuh magnesium sulfat. Teruskan penambahan larutan magnesium sulfat jenuh sampai jumlah total yang anda tambahkan sekitar 5 mL. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.

- 10) Tambahkan air tetes demi tetes ke dalam tabung D (sebagai kontrol), amati setiap perubahan yang terjadi pada setiap tetes penambahan air. Teruskan penambahan air sampai jumlah volume air yang anda tambahkan sekitar 5 mL. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.1.

### Mengamati Pengaruh Suhu Terhadap Kesetimbangan

Dalam larutan jenuh natrium klorida, natrium klorida padat berada dalam keadaan kesetimbangan dengan ion natrium dan ion klorida dalam larutan. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa perubahan suhu lingkungan reaksi akan menyebabkan perubahan kesetimbangan kimia. Oleh karena itu, diharapkan kelebihan natrium klorida akan larut pada suhu yang lebih tinggi.

#### Prosedur:

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Pindahkan sekitar setengah dari larutan jenuh natrium klorida yang tersisa (~40 mL) ke dalam gelas kimia kecil atau labu.

Tabel 8.2

Lembar Pengamatan Pengaruh Suhu Terhadap Kesetimbangan

Prosedur	Pengamatan
~40 mL larutan jenuh NaCl + kristal NaCl	
~40 mL larutan jenuh NaCl dipanaskan	

- 3) Tambahkan sedikit kristal NaCl ke dalam gelas kimia atau labu sampai terbentuk sedikit endapan kristalnya di dasar gelas kimia. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.2.
- 4) Setting kaki tiga, kawat kassa, dan pemanas alkohol.

- 5) Sambil diaduk, panaskan secara perlahan gelas kimia yang berisi larutan jenuh NaCl, fokuskan pengamatan anda pada NaCl yang tidak larut tersebut selama pemanasan. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.2.

### Mengamati Pengaruh Volume Terhadap Kesetimbangan

Dalam larutan jenuh natrium klorida, natrium klorida padat berada dalam keadaan kesetimbangan dengan ion natrium dan ion klorida dalam larutan. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa mengubah volume pelarut akan menyebabkan perubahan kesetimbangan kimia. Meningkatkan jumlah air akan meningkatkan jumlah natrium klorida yang larut. Berikut percobaanya.

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Pastikan bahwa larutan jenuh natrium klorida yang tersisa (~ 40 ml) memiliki beberapa kristal natrium klorida yang tidak larut dan mengendap di bagian dasar gelas kimia.  
Catatan: perkirakan jumlah natrium klorida yang tidak larut tersebut!

Tabel 8.3  
Lembar Pengamatan Pengaruh Volume Terhadap Kesetimbangan

Prosedur	Pengamatan
~40 mL larutan jenuh NaCl	
~40 mL larutan jenuh NaCl + air	

- 3) Tambahkan 10 tetes air ke dalam gelas kimia, dan aduk larutan untuk menentukan apakah bertambah jumlah natrium klorida yang larut. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.3.

- 4) Lanjutkan penambahan 10 tetes air setelah waktu tertentu sampai semua kristal NaCl larut. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.3.

### **Pengaruh Tekanan (dan Suhu) Terhadap Kestimbangan Reaksi**

Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa perubahan tekanan lingkungan reaksi akan mempengaruhi kestimbangan kimia. Air minum berkarbonasi mengandung CO<sub>2</sub> terlarut, yang mana lebih mudah larut pada tekanan yang lebih tinggi. Jika tekanan diturunkan, maka konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam larutan akan berkurang dengan cara melepaskan gas CO<sub>2</sub>.

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan baju pelindung.
- 2) Siapkan 1 botol minuman berkarbonasi dingin. Masih dalam keadaan botol tertutup, kocok botol minuman tersebut.
- 3) Segera setelah botol minuman berkarbonasi dikocok, arahkan mulut botol kearah yang aman kemudian buka tutupnya. Catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.4.
- 4) Ulangi langkah 2 dan 3 dengan botol minuman berkarbonasi pada suhu kamar, dan catat hasil pengamatan anda pada Tabel 8.4.

Tabel 8.4  
Lembar Pengamatan Pengaruh Tekanan Terhadap Kestimbangan

<b>Prosedur</b>	<b>Pengamatan</b>
Minuman berkarbonasi dingin	
Minuman berkarbonasi suhu lingkungan	

### ***Post Test***

1. Pada bagian I, zat apa yang terbentuk pada saat anda menambahkan HCl pekat pada larutan jenuh NaCl? Mengapa?
2. Pada bagian I, zat apa yang terbentuk pada saat anda menambahkan larutan jenuh  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada larutan jenuh NaCl? Mengapa?
3. Pada bagian I, apa yang terjadi ketika anda menambahkan larutan jenuh  $\text{MgSO}_4$ ?
4. Pada bagian II, apa yang terjadi pada endapan kristal NaCl dalam larutan jenuh NaCl ketika dipanaskan? Mengapa?
5. Pada bagian III, anda mengamati pengaruh meningkatnya volume pelarut terhadap kesetimbangan dinamis larutan jenuh NaCl. Mungkinkah terjadi pada beberapa senyawa, dengan meningkatnya volume pelarut akan menurunkan jumlah zat terlarut? Mengapa atau mengapa tidak?

## **2. Pengaruh Konsentrasi dan Suhu Terhadap Kesetimbangan: Kompleks Tembaga**

Suatu sistem kesetimbangan, misalnya  $\text{Cu}^{2+}$  (biru) dan pembuatan kompleks tembaga (hijau). Perubahan terjadi apabila konsentrasi reaktan dan suhu lingkungan reaksi berubah. Pada kegiatan eksperimen ini, kita akan demonstrasikan pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap kesimbangan ion  $\text{Cu}^{2+}$  dan kompleks tembaga.

### **Alat dan bahan**

- 1) 4 buah labu 100 mL
- 2) 2 buah gelas kimia 100 mL
- 3) Pemanas
- 4)  $\text{CuSO}_4$ , KBr,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , dan HCl
- 5) Lemari Es/Es batu

### Persiapan Larutan:

- 1) Larutan KBr dijenuhkan (melarutkan 50 g KBr didalam 50 mL air panas. KBr padat juga bisa digunakan secara langsung)
- 2) Larutan CuSO<sub>4</sub> 0,2 M (melarutkan 50 g CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O dalam 1 L air).
- 3) HCl pekat

### Prosedur:

- 1) Masukkan sekitar 150 mL larutan CuSO<sub>4</sub> ke dalam labu. Catat warnanya.
- 2) Tambahkan 50 mL larutan KBr. Catat perubahan warna dari biru ke hijau.
- 3) Bagi larutan ke dalam dua bagian yang sama untuk demonstrasi pengaruh konsentrasi dan suhu.
- 4) Pengaruh dari perubahan konsentrasi:  
Tambahkan sedikit padatan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan catat perubahan warna dari hijau ke biru pada Tabel 8.5. Tambahkan HCl ke dalam larutan, dan catat perubahan warna dari biru ke hijau pada Tabel 8.5.
- 5) Pengaruh perubahan suhu:  
Masukkan gelas kimia (berisi larutan) ke dalam air es, dan catat perubahan warna dari hijau ke biru Tabel 8.5. Keluarkan gelas kimia dari air es, kemudian panaskan gelas tersebut, dan catat perubahan warna dari biru ke hijau Tabel 8.5.

### Reaksi:

- 1) Reaksi keimbangannya:  
$$\text{Heat} + \underset{\text{(biru)}}{\text{CuSO}_{4(\text{aq})}} + 4\text{KBr}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \underset{\text{(hijau)}}{\text{K}_2[\text{CuBr}_4]_{(\text{aq})}} + \text{K}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$$
  
Atau secara sederhana:  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 4\text{Br}^{-}_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{CuBr}_4^{2-}_{(\text{aq})}$
- 2) Penambahan KBr menggeser kesetimbangan ke kanan dan membentuk lebih banyak kompleks hijau.

- 3) Penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  membentuk reaktan dan bergeser ke sebelah kiri, membentuk lebih banyak  $\text{Cu}^{2+}$  (biru); penambahan  $\text{H}^+$  menggeser kesetimbangan ke kanan (hijau)

Tabel 8.5  
Lembar Pengamatan Pengaruh Konsentrasi dan Suhu Terhadap Kesetimbangan Kompleks Tembaga

Perlakuan	Hasil Pengamatan
150 mL larutan $\text{CuSO}_4$ dalam Labu	
50 mL larutan $\text{KBr}$ + 150 mL larutan $\text{CuSO}_4$	
Padatan $\text{Na}_2\text{SO}_4$ + Larutan ( $\text{CuSO}_4$ + $\text{KBr}$ )	
$\text{HCl}$ + Larutan ( $\text{CuSO}_4$ + $\text{KBr}$ )	
Larutan ( $\text{CuSO}_4$ + $\text{KBr}$ ) dalam air es	
Larutan ( $\text{CuSO}_4$ + $\text{KBr}$ ) dipanaskan	

### ***Post Test***

1. Apakah reaksi pada percobaan tersebut di atas merupakan reaksi endoterm atau eksoterm?
2. Mengapa pemanasan menggeser kesetimbangan reaksi tersebut?
3. Jelaskan dengan singkat, mengapa penambahan  $\text{KBr}$  menggeser kesetimbangan reaksi tersebut?
4. Jelaskan dengan singkat, mengapa penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  menyebabkan kesetimbangan reaksi bergeser?

## DAFTAR PUSTAKA

- Anne Marie Helmenstine, *Chemistry Expert*.  
<http://chemistry.about.com>
- Bettelheim & Landesberg “*Laboratory Experiments For General, Organic, Biochemistry*” Brooks Cole; 8 edition (January 1, 2012)  
<http://belajarlabkimia.blogspot.com/2015/09>  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Bunsen\\_burner](https://en.wikipedia.org/wiki/Bunsen_burner)  
<http://www.chemteam.info/Matter/Mixtures&PureSubstances.html>  
<http://www.eschooltoday.com/science/elements-mixtures-compounds/types-of-mixtures.html>  
<http://www.mentorials.com/high-school-chemistry-matter-separation-of-mixtures.htm>  
<http://www.mentorials.com/high-school-chemistry-matter-separation-of-mixtures.htm>  
<https://www.netl.doe.gov/sites/default/files/gas-turbine-handbook>  
<http://serbamurni.blogspot.co.id/2013/01/proses-pemisahan-suatu-campuran.html>  
<http://www.mentorials.com/high-school-chemistry-matter-separation-of-mixtures.htm#>
- James M. Postma dkk. “*Chemistry in the Laboratory*”. New York: W. H. Freeman And Company.2010.
- Lee R. Summerlin & James L. Ealy. Jr. “*Chemical Demonstrations*”. American Chemical Society. 1985.
- Virginia L. Mullin, “*Chemistry Experiments for Children*”. New York: Dover Publications.1968.
- Ralph H.Petrucci-Suminar, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 1*. (Jakarta: Erlangga, 1998)
- Ralph H.Petrucci-Suminar, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern Jilid 2*. (Jakarta: Erlangga, 1998)
- Raymond Chang. *Kimia Dasar 1*. (Jakarta: Erlangga.2005)
- Robert Bruce Thompson, “*Illustrated Guide to Home Chemistry Experiments*”. USA:Dale Doughert. 2008.

Sigurd J. Rosenlund, *“The Chemical Laboratory: Its Design and Operation A Practical Guide For Planners of Industrial, Medical, or Education Facilities”*. United States of America. 1987.

Susan A. Weiner & Blaine Harrison, *“Introduction to Chemical Principles A Laboratory Approach”*. USA: Mary Finci, 2005.

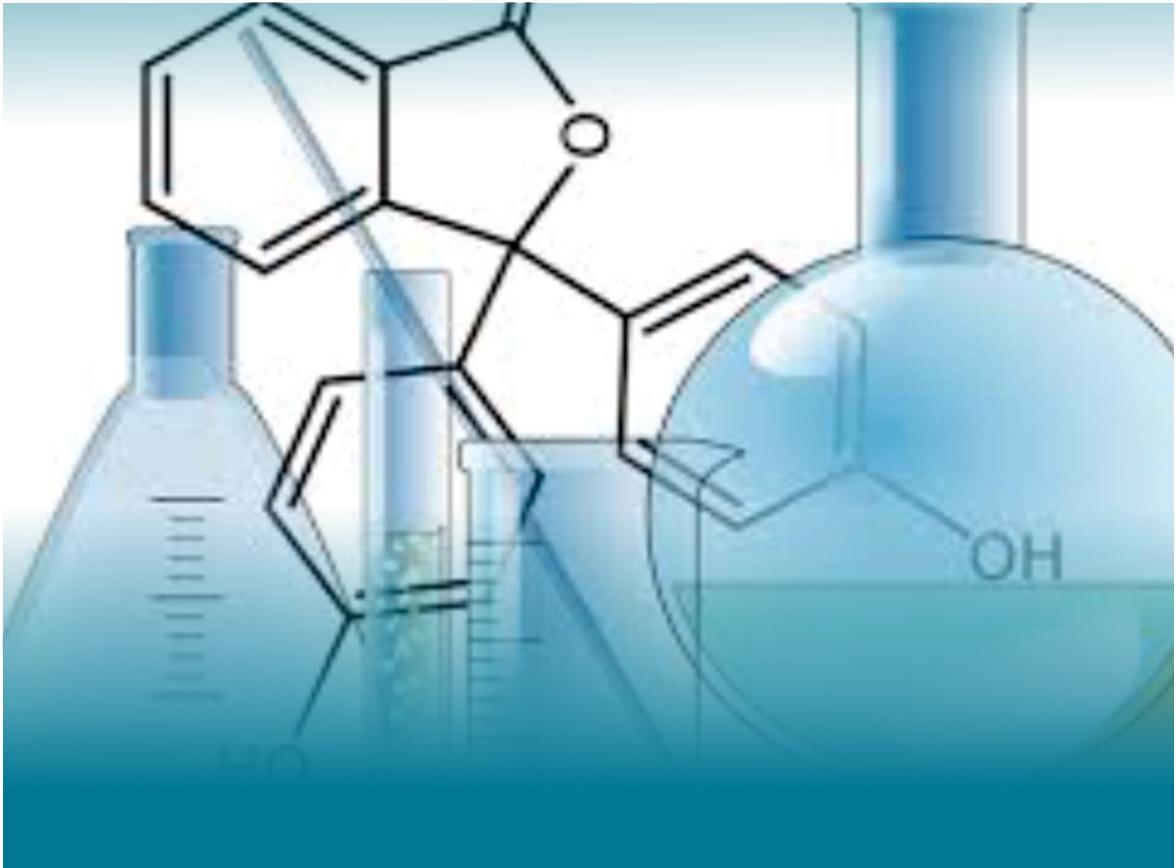
Mulyono HAM, *Membuat Reagen Kimia di Laboratorium*. (Jakarta: Bumi Aksara. 2008)

Yayan Sunarya, *Kimia Dasar 2*. (Bandung: Yrama Widya, 2013)

## ***CURRICULUM VITAE* PENULIS**



Yahdi, S.Pd.,M.Si., lahir di Bengkel Lombok Timur 31 Desember 1980. Pendidikan dasar di SDN Senyur Th 1993, MTs.NW Senyur Th 1996, SMUN 2 Selong Th 2000. Pendidikantinggi S-1 Program Studi Pendidikan Kimia di Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FPMIPA) IKIP Mataram Selesai Th 2004 dan S-2 pada Program Studi Kimia Material dan Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Th 2009. Pengalaman Kerja menjadi Dosen di IKIP Mataram Th 2004 – Th 2012, Kepala Laboratorium FPMIPA IKIP Mataram th 2004 - 2007. Dosen Luar Biasa di IAIN Mataram th 2005 - 2007. Dosen Tetap Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Mataram th 2007 - sekarang. Ketua Jurusan Tadris Kimia tahun 2017- sekarang.



Buku Eksperimen Kimia 1 (Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia melalui Eksperimen) ini bisa hadir sebagai bahan ajar, rujukan atau panduan dalam melakukan kegiatan pembelajaran di laboratorium dan lapangan. Buku ini disusun sebagai salah satu sarana pembelajaran Praktikum Kimia Dasar 1, Kimia Eksperimen, dan juga dapat sebagai pengayaan pembelajaran dan praktikum kimia di sekolah. Buku ini berisi teori konsep dan hukum-hukum dasar Kimia yang dilengkapi dengan prosedur eksperimen dan percobaan tingkat dasar yang mudah dan sederhana.

Sanabil

ISBN 978-623-317-039-0