



**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MATARAM  
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN**

Jalan Gajah Mada No. 100, Jempong, Mataram, NTB. Telp. (0370) 620783, 620784,  
Fax. (0370) 620784, Website: <http://ftk.uinmataram.ac.id/>, Email: [ftk@uinmataram.ac.id](mailto:ftk@uinmataram.ac.id)

---

Nomor : 480 /Un.12/FTK/PP.009/10/2020

Mataram, 13 Oktober 2020

Lamp : 1 Lembar

Perihal : **Permohonan sebagai Editor Buku**

Kepada Yang Terhormat,  
Editor Buku FTK UIN Mataram  
di -  
Tempat

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Sehubungan dengan tahapan *editing* **Kompetisi Buku Ajar dan Refrensi (KOBAR)** FTK UIN Mataram Tahun 2020, mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan sebagai **Editor Buku** (Daftar Nama Editor Terlampir). Selanjutnya Bapak/Ibu Editor diharapkan menghadiri pertemuan Via *Zoom Meeting* pada:

Hari/Tgl	: Rabu/ 14 Oktober 2020
Waktu	: 14.00 WITA - selesai.
Link Zoom Meeting	: <a href="http://bit.ly/EditorKobar2020">http://bit.ly/EditorKobar2020</a>
Meeting ID	: 850 9208 7768
Passcode	: 798237

Demikian surat ini kami sampaikan, atas kesediaan dan Kerjasama Bapak/Ibu, kami sampaikan Terima kasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*



Dekan  
**Dr. Hj. Lubna, M.Pd.**  
NIP. 196812311993032008

Ketua Panitia,

**Dr. Abdul Quddus, MA.**  
NIP. 197811112005011009

## Lampiran 1:

<b>DAFTAR NAMA EDITOR KOBAR FTK UIN MATARAM</b>				
<b>NO</b>	<b>NAMA PENULIS</b>	<b>JENIS BUKU</b>	<b>JUDUL BUKU</b>	<b>NAMA EDITOR</b>
1	Muslehuddin, M.Pd.	Buku Ajar	"Keagungan Al-Qur'an" Menggali Ilmu-ilmu Al-Qur'an	Erwin Padli, M.Pd.
2	Dr. Emawati, M. Ag	Buku Ajar	(Bahasa Arab untuk Membaca Kitab) اللغة العربية لقراءة الكتب	Dr. Fathul Maujud, MA
3	Baiq Amelia Riyandari, S.Si., M.Sc.	Buku Referensi	Active Packaging System: A Smart Choice For A Better Life	Dr. Dwi Wahyudiati, M.Pd
4	Kasyfur Rahman, M.Pd.	Buku Ajar	Advanced English Grammar: A Coursebook for EFL Preservice Teachers	Husnawadi, MA.Tesol.
5	Lalu Agus Satriawan, M.Ag.	Buku Ajar	Akhlaq Tasawuf	H. M. Taisir, M.Ag.
6	Dr. Wildan, M.Pd	Buku Referensi	ANALISIS METODE PEMBELAJARAN PENDIDIKAN NILAI MELALUI METODE KLARIFIKASI NILAI	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag
7	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag	Buku Referensi	MANAJEMEN BERBASIS TAUHID: KONSEP DAN TEORI PEMBIAYAAN MENUJU MADRASAH BERMUTU	Dr. Abdul Quddus, MA
8	Mukminah, MPH	Buku Ajar	ANATOMI FISILOGI MANUSIA	Muhsinul Ihsan, M.Si.
9	Irwan, M.Si	Buku Referensi	Ayo Belajar GnuPlot	Muhammad Zohri, M.Sc.
10	Akmaluddin, M.Pd.	Buku Referensi	Bahasa Indonesia di Media Dalam dan Luar Ruang	Dr. Hilmiati, M.Pd.
11	Dr. Abdul Quddus, MA, dkk	Buku Referensi	PEMBELAJARAN ABAD 21: PEMBELAJARAN SAINS BERBASIS INKUIRI TERINTEGRASI KEISLAMAN-KOLABORATIF	Dr. Akhmad Asyari, M.Pd.
12	Dr. Hilmiati, M.Pd	Buku Ajar	Bahasa Indonesia di Perguruan Tinggi (Membangun Responsif Budaya Mahasiswa Melalui Bahasa)	Dr. Muammar, M.Pd.
13	Dr. Syarifudin, M.Pd.	Buku Referensi	BASIC ENGLISH GRAMMAR IN USE: A Self-Study Reference Book for EFL Students	Soni Ariawan, M.Ed.
14	Dr. Sapparudin, M.Ag	Buku Referensi	BERKEMBANG DI TENGAH RESISTENSI Dinamika dan Dialektika Pendidikan Salafi di Lombok	Mustain, M.Ag.
15	Yuli Kusuma Dewi, S.Pd., M.Si	Buku Ajar	Biokimia I	Sulistiyana, M.Si.
16	Alwan Mahsul, M.Pd	Buku Ajar	Biologi Umum 2	Dr. Ir. Edi M. Jayadi, M.Pd.
17	Hadi Kusuma Ningrat, M.Pd.	Buku Ajar	BUKU AJAR MANAJEMEN DAN SUPERVISI PENDIDIKAN	Ahmad Nurman, M.Pd.
18	Dr. Nining Puwati, M. Pd	Buku Ajar	Buku Ajar Sistematika Tumbuhan Rendah	Dr. Suhirman, M.Pd.
19	Rima Buana Prahastiyi, M.Pd.	Buku Ajar	Desain Pembelajaran Fisika	Dr. Bahtiar, M.Pd.Si.
20	Dr. Ribahan, M.Pd.	Buku Referensi	Desain Perangkat Pembelajaran Bahasa Inggris Komunikatif Integratif (Teori, Teknik dan Implementasinya)	Dr. Hj. Nurul Lailatul Khusniyah, M.Pd.

NO	NAMA PENULIS	JENIS BUKU	JUDUL BUKU	NAMA EDITOR
21	Yahdi, S.Pd.,M.Si.	Buku Ajar	Eksperimen Kimia 1	Dwi Wahyudiati, M.Pd.
22	H. IBNU HIZAM, M.Pd.	Buku Ajar	EVALUASI PEMBELAJARAN	Mulabiyah, M.Pd.
23	Erpin Evendi, M.Pd	Buku Ajar	EVALUASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA	Lalu Sucipto, M.Pd.
24	Dr. Bahtiar. M.Pd.Si	Buku Ajar	Evaluasi Pembelajaran Sains	H. Ibnu Hizam, M.Pd.
25	Muhamad Zohri, M.Sc	Buku Ajar	Fisika Komputasi	Dr. Bahtiar, M.Pd.Si.
26	Dr. H. Lalu Supriadi Bin Mujib, Lc., MA	Buku Referensi	HUKUM ISLAM DAN TASAWUF DALAM PERSPEKTIF AL-GAZALI DAN IBN TAIMIYAH	Dr. Emawati, M.Ag.
27	Kurniawan Arizona, M.Pd.	Buku Ajar	Inovasi Pembelajaran Fisika "Era Revolusi Industri 4.0"	Lalu Usman Ali, M.Pd.
28	Lalu Usman Ali, M. Pd.	Buku Referensi	Inovasi Pembelajaran: Solusi Pembelajaran pada Masa Pandemi	Erpin Evendi, M.Pd.
29	Sukardi, M.Pd.I	Buku Referensi	Inovasi Pendidikan Islam	Mursal, M.Ag.
30	Soni Ariawan, S.Pd.,M.Ed.	Buku Ajar	Intensive Spoken Communication Practice (ISCP) 2	Heri Rahmat, M.Pd.
31	Afif Ikhwanul Muslimin, M.Pd.	Buku Referensi	INTRODUCTION TO ENGLISH MORPHOLOGY: Pedagogical Discussion in Multicultural Contexts	Jumrah, M.Pd.
32	Ramdhani Sucilestari, M.Pd.	Buku Ajar	IPA DIKDAS 1	Alwan Mahsun, M.Pd.
33	MAWARDI SALEH, M.Pd.	Buku Referensi	Kajian Model Pengembangan Ekonomi Pesantren di Pulau Lombok	Rahmat Kurniawan, M.Pd.
34	Lalu Sucipto, M.Pd	Buku Ajar	Kalkulus Integral	Samsul Irpan, M.Pd.
35	Dr. Parhaini Andriani. M.Pd.Si.	Buku Ajar	Kalkulus Peubah Banyak	Dr. Alkusaeri, M.Pd.
36	Prof. Dr. H.Masnun, M.Ag	Buku Referensi	Karakteristik Pendidikan Islam: Historisitas dan Normativitas	Dr. Abdul Quddus, MA
37	Nani Husnaini, M.Pd.	Buku Referensi	Kegiatan Mewarnai dan Perkembangan Anak Usia Dini	Muammar Qadafi, M.Pd.
38	Dr. H. S Ali Jadid Al Idrus, M.Pd	Buku Referensi	KEPEMIMPINAN STRATEGIS PENDIDIKAN ISLAM (Gaya, Implementasi dan Supervisi di Lembaga Pendidikan Islam)	Dr. Ahmad Sulhan, M.Pd.
39	Dr. Yusuf, M.Pd.	Buku Referensi	Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi & Karakter (Pengukuran Terhadap Dampak Pembelajaran Berbasis Masalah)	Dr. Nining Purwati, M.Pd.
40	Dr. Dwi Wahyudiati, M.Pd	Buku Ajar	KIMIA DASAR 1	Yahdi, M.Si.
41	Novia Suryani, M.Sc	Buku Ajar	Kimia Organik Lanjut	Yuli Kusuma Dewi, M.Si.
42	Dr. Supardi, M.Pd	Buku Referensi	Landasan Pengembangan Bahan Ajar	Dr. Akhmad Asyari, M.Pd.
43	Dr. H. Subki, M. Pd.I, dkk.	Buku Referensi	Manajemen Pengembangan Kurikul PAI Berbasis Pendidikan Karakter: Teori dan Praktek	Hadi Kusuma Ningrat, M.Pd.
44	AKHMAD SYAHRI	Buku Referensi	Manajemen Spiritual Leadership dalam Membangun Kecerdasan Integratif	Dr. Ahmad Sulhan, M.Pd.
45	Ali Harris, M.Si	Buku Referensi	Maturasi OOSIT	Ramdhani Sucilestari, M.Pd.

NO	NAMA PENULIS	JENIS BUKU	JUDUL BUKU	NAMA EDITOR
46	Dr. Muammar, M.Pd.	Buku Referensi	Membaca Permulaan di Sekolah Dasar	Dr. Hilmianti, M.Pd.
47	Dr. Yudin Citriadin, M.Pd	Buku Referensi	METODE PENELITIAN KUALITATIF: Suatu Pendekatan Dasar	Dr. H. Lubna, M.Pd.
48	M. Habib Husnial Pardi	Buku Referensi	Metodologi Penelitian Pendidikan	Dr. H. Lubna, M.Pd.
49	Drs. H. Ramli, M.Pd.	Buku Ajar	Microteaching	Dr. Parhaini Andriani. M.Pd.Si.
50	Dr. Mohammad Fakhri, M.Pd	Buku Referensi	Modifikasi Perilaku Anak Usia Dini	Dr. Mira Mareta, MA
51	Nurdiana, SP., MP	Buku Ajar	Morfologi Tumbuhan	Dr. Ir. Edi M. Jayadi, M.Pd.
52	Dr. Lukman Hakim, M.Pd	Buku Referensi	Mudah Menulis Proposal Penelitian	Dr. Muammar, M.Pd.
53	Dr. Yek Amin Azis, M.Pd.	Buku Referensi	NEDPE MODEL FOR ISLAMIC ENGLISH LANGUAGE MATERIALS DEVELOPMENT	Dr. Syarifudin, M.Pd.
54	Dr. Salimul Jihad, Lc. M.Ag	Buku Referensi	Nilai Nilai Tarbawi dan Maqashid al Syariah	Dr. Emawati, M. Ag
55	Muhammad Nurman, SH.,M.Pd	Buku Ajar	Pancasila dan Kewarganegaraan	Dr. Akhmad Asyari, M.Pd.
56	Prof. Dr. Hj. Warni Djuwita, M.Pd	Buku Ajar	PARENTING DAN PENDIDIKAN ISLAM ANAK USIA DINI BERBASIS NILAI PROFETIK DAN PENDIDIKAN KAREKATER	Dr. Mira Mareta, MA
57	AHMAD KHALAKUL KHAIRI, M.Ag.	Buku Ajar	PEMBELAJARAN AQIDAH AKHLAQ	Ahmad Zohdi, M.Ag.
58	MUHAMMAD ANWAR SANI, M.Pd.I	Buku Ajar	PEMBELAJARAN IPA MI/SD (Teori & Implementasinya di MI/SD)	Dr. Harja Efendi, M.Pd.
59	Muhammad, M.Pd.I	Buku Ajar	PEMBELAJARAN SKI MADRASAH (Kiat Sukses Menjadi Guru)	Dr. Saparudin, M.Ag
60	Nurmaidah, M.Pd.i	Buku Referensi	Pendidikan Agama Islam: Teori, Praktek dan Isu Kontemporer	Dr. Abdul Quddus, MA
61	Dr. Lalu Muhammad Nurul Wathoni, M.Pd.I.	Buku Referensi	Pendidikan Islam Anak Usia Dini: Pendidikan Islam dalam Menyikapi Kontroversi Belajar membaca pada Anak Usia Dini	Nani Husniani, M.Pd.
62	Dr. Hj. Nurul Lailatul Khusniyah, M.Pd, dkk	Buku Referensi	Penelitian Tindakan Teori dan Praktek	Dr. H. Lubna, M.Pd.
63	Dr. Akhmad Asyari, M.Pd	Buku Ajar	Pengantar Pembelajaran Kewarganegaraan	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag
64	Dr. Al Kusaeri. M.Pd	Buku Ajar	Pengantar Dasar Matematika	Dr. Kristayulita, M.Pd.
65	Lalu Ahmad Didik Meiliyadi, MS	Buku Ajar	Pengantar Listrik Magnet	Kurniawan Arizona, M.Pd.
66	Dr. M. Harja Efendi. M. Pd	Buku Referensi	Pengantar pendidikan konservasi lingkungan hidup terintegrasi nilai islam	Dr. Nining Purwati, M.Pd.
67	Khairil Anwar, S.Pdl, M.Pd	Buku Referensi	PENGASUHAN POSITIF : Model Pengasuhan untuk Role of Model	Nani Husniani, M.Pd.
68	Dr. Ir. Edi Muhamad Jayadi, MP	Buku Referensi	Pengelolaan Hutan Adat Berbasis Kearifan Lokal	Dr. Suhirman, M.Pd.
69	Dr. Hj. Lubna, M.Pd	Buku Referensi	PENGEMBANGAN INSTRUMEN PENILAIAN KINERJA GURU (Teori dan Praktek)	Dr. Abdul Quddus, MA
70	Muhsinul Ihsan, S.Si., M.Sc	Buku Referensi	PENJABARAN QS.HUUD:6 DENGAN SAINS LOBSTER	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag
71	Dr. Muhammad, M.Pd.,MS	Buku Ajar	Profesi dan Kinerja Guru	Dr. H. Lubna, M.Pd.
72	Prof. Dr. H Nashuddin, MPd.	Buku Referensi	Menjadi Guru yang Profesional di Abad 21	Dr. Wildan, M.Pd.

NO	NAMA PENULIS	JENIS BUKU	JUDUL BUKU	NAMA EDITOR
73	Sultan, MA	Buku Ajar	Psikolinguistik dalam Pembelajaran Bahasa Arab; sebuah Pengantar	Dr. H. Fathul Maujud, MA
74	Prof. Dr. H.M. Taufik, M.Ag	Buku Referensi	PSIKOLOGI AGAMA: Studi Latar Consceintia @ Praktika	Dr. Moh. Fakhri, M.Pd.
75	Dr. Mira Mareta, M.A.	Buku Ajar	Psikologi Pendidikan	Dr. Moh. Fakhri, M.Pd.
76	Dr. Abdulloh Fuadi, M.A	Buku Referensi	Religiusitas Daring: Menelisik Kelindan Agama dan Teknologi	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag
77	Dr. Suhirman, S.Pd., M.Si	Buku Ajar	RISET PENDIDIKAN	Dr. H. Lubna, M.Pd.
78	Erwin Padli, M. Hum	Buku Referensi	Sejarah Sains Islam	Dr. Saparudin, M.Ag
79	Prof. Dr. H. Jamaluddin, MA	Buku Referensi	Sejarah, Naskah dan Tradisi Masyarakat Sasak	Dr. Wildan, M.Pd.
80	Jumrah, M.Pd	Buku Ajar	Speaking For Everyday Communication	Afif Ikhwanul Muslimin, M.Pd.
81	Devi Qurniati, M. Pd	Buku Ajar	Strategi pembelajaran kimia	Yahdi, M.Si.
82	Dr. Syukri, M.Pd	Buku Referensi	Tafsir Ayat-Ayat Perumpamaan Masalah Aqidah Dan Akhlak dalam Al-Quran	H. M. Taisir, M.Ag.
83	Dr. Ahmad Sulhan, S.Ag., M.Pd.I	Buku Referensi	TEORI KEPEMIMPINAN DALAM ORGANISASI PENDIDIKAN ISLAM	Dr. Akhmad Asyari, M.Pd.
84	Dr. Kristayulita, M.Si	Buku Ajar	Trigonometri	Dr. Alkusaeri, M.Pd.
85	Dr. H. Subki, M. Pd.I	Buku Referensi	Ulumul Qur'an: Kajian Otentifikasi al-Qur'an	Dr. Abdul Quddus, MA
86	Dr. Hj. Nurul Lailatul Khusniyah, M.Pd.	Buku Ajar	Writing Effective Sentence	Dr. Ribahan, M.Pd
87	M. SYARIFUDDIN, M.Pd.I	Buku Referensi	التصريف والإعلان	Dr. Fathul Maujud, MA
88	Drs.Moh.Nasikin,M.Ag	Buku Ajar	دروس القراءة	Sultan, MA
89	Dr. H. Fathul Maujud, M.A	Buku Referensi	طرق تدريس اللغة العربية بين القديمة والحديثة Metode Pembelajaran Bahasa Arab Antara (Kontemporer dan Modern)	Sudi Yahya Husein, M.Pd.
90	Dr. Abdul Quddus, MA	Buku Ajar	Akhlak Tasawuf (Berakhlak dengan Akhlak Allah)	Dr. Syamsul Arifin, M.Ag



Mataram, 13 Oktober 2020  
Ketua Panitia,

Dr. Abdul Quddus, MA.  
NIP. 197811112005011009

## Lampiran 2

### JADWAL PELAKSANAAN

NO	AGENDA	WAKTU
1	Sosialisasi	03 – 16 September 2020
2	Pendaftaran	09 – 30 September 2020
3	Seleksi oleh Tim Penilai	01 – 04 Oktober 2020
4	Pengumuman	07 Oktober 2020
5	Penandatanganan Kontrak & Lokakarya Penulisan Buku Ajar dan Referensi	09 Oktober 2020
6	Perbaikan & Penyempurnaan Naskah	10 Oktober – 30 Oktober 2020
7	Penyuntingan Mekanis ( <i>Mechanical Editing</i> )	01 – 07 Nopember 2020
8	Penyuntingan Substantif ( <i>Substantive Editing</i> )	08 – 14 Nopember 2020
9	Pengusulan ISBN & Pernerbitan	15 – 20 Nopember 2020
10	Pengusulan HKI	20 Nopember 2020

### **Lampiran 3:**

## **FORMAT BUKU AJAR**

COVER  
DAFTAR ISI  
DAFTAR TABEL  
DAFTAR GAMBAR  
DAFTAR SINGKATAN  
KATA PENGANTAR DEKAN  
PRAKATA PENULIS  
RENCANA PEMBELAJARAN SEMSTER (RPS)

### **BAB I. JUDUL BAB (BAHAN AJAR 1)**

- A. Pendahuluan  
(Petunjuk Belajar, Capaian Pembelajaran, Sub CP, Materi Pokok)
- B. Uraian Materi
- C. Rangkuman
- D. Tugas
- E. Penilaian (Soal dan Kunci Jawaban)
- F. Rujukan
- G. Bacaan Yang Dianjurkan

### **BAB II. JUDUL BAB**

Dan seterusnya . . . . . (polanya sama seperti penulisan Bab I)

### **BAB III. JUDUL BAB**

Dan seterusnya . . . . . (polanya sama seperti penulisan Bab I)

### **DAFTAR PUSTAKA**

**DAFTAR ISTILAH** (Glosarium)

**HALAMAN INDEKS** (sebaiknya ada)

**LAMPIRAN** (bila diperlukan).

**BIODATA PENULIS**

## Lampiran 4

### FORMAT BUKU REFERENSI

COVER

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR SINGKATAN

KATA PENGANTAR DEKAN

PRAKATA PENULIS

#### **BAB PENDAHULUAN**

- A. Latar Belakang
- B. Rumusan Masalah (*Ada Novelty*)
- C. Tujuan Penelitian
- D. Metodologi (*Pemecahan Masalah*)
- E. Teori Mutakhir (*Tinjauan Pustaka*)

#### **BAB PEMBAHASAN**

#### **BAB SIMPULAN**

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR ISTILAH (Glosarium)

HALAMAN INDEKS (sebaiknya ada)

LAMPIRAN (bila diperlukan).

SINOPSIS

BIODATA PENULIS



# Eksperimen Kimia 1

(Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia melalui Eksperimen)



Penulis:  
Yahdi, S.Pd.,M.Si.

# Eksperimen Kimia **1**

(Menguasai Konsep, Teori, dan Hukum Kimia melalui  
Eksperimen)

Penulis:

Yahdi, S.Pd.,M.Si.



## **PRAKATA**

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**



## SINOPSIS

Buku ini merupakan bahan penunjang dan panduan pembelajaran Praktikum Kimia Dasar 1, Kimia Eksperimen, dan Praktikum Kimia di sekolah. Buku ini berisi tentang berbagai eksperimen, percobaan dan demonstrasi terkait dengan konsep dan teori pada materi pelajaran kimia dan kimia dasar. Isi buku tersusun dari 8 bab pokok konsep materi diantaranya Aturan dan Simbol Laboratorium, Keterampilan Dasar Laboratorium, Pemisahan Campuran, Konsentrasi Larutan, Sifat dan Perubahan Materi, Thermokimia, Hukum Gas, dan Kesetimbangan Kimia.

**Pada bab satu** menyajikan Aturan dan prosedur keselamatan selama bekerja dilaboratorium, Simbol Laboratorium merincikan tentang symbol-simbol dasar yang wajib diketahui oleh pengguna laboratorium, demi terwujudnya keselamatan kerja dalam laboratorium. **Bab dua** menyajikan tentang keterampilan dasar laboratorium dalam bekerja dilaboratorium, yang terdiri dari teknik mengukur, teknik penanganan bahan kimia, teknik menggunakan dan merawat timbangan, teknik mengukur volume cairan, teknik kalibrasi labu ukur, teknik kalibrasi pipet beral, teknik membersihkan pipet, teknik menggunakan buret, titik akhir vs titik ekuivalen, teknik pemanasan bahan, teknik menggunakan pemanas, teknik menggunakan pembakar alkohol, teknik menggunakan pembakar gas, teknik memodifikasi alat gelas, dan teknik penguapan dan pengeringan bahan. **Bab tiga** menyajikan konsep dan prosedur eksperimen tentang pemisahan campuran. Kegiatan eksperimen pada bab ini antara lain: pemisahan campuran berdasarkan perbedaan kelarutan,

pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih, dan pemisahan Campuran Berdasarkan Perbedaan Kelarutan dan Titik Beku.

**Pada bab empat** menyajikan konsep larutan dan konsentrasi larutan. Pada kegiatan eksperimen dilakukan antara lain: membuat molaritas larutan (M) dari bahan padat, membuat molalitas larutan (m) dari bahan padat, membuat molaritas larutan (M) dari bahan kimia cair, dan membuat persen massa/volume larutan. **Bab lima** menyajikan sifat dan perubahan materi. Materi eksperimen pada bab ini antara lain mencampur cairan, melarutkan padatan dalam cairan, dan mencampur larutan. **Bab enam** menyajikan konsep dan prosedur eksperimen thermokimia. Eksperimen yang dilakukan antara lain pengukuran panas larutan, panas fusi es, panas jenis logam, dan perubahan entalpi reaksi.

**Pada bab tujuh** menyajikan konsep dan prosedur eksperimen tentang hukum-hukum gas antara lain mengamati hubungan volume dengan tekanan gas (Hukum Boyle), mengamati hubungan volume dengan temperatur gas (Hukum Charles), mengamati hubungan tekanan dengan temperatur gas (Hukum Gay – Lussac's), menggunakan hukum Gas Ideal untuk menentukan persentase asam asetat dalam vinegar, dan menentukan massa molar dari massa jenis uap zat. **Bab delapan** adalah bab terakhir menyajikan konsep dan prosedur eksperimen tentang keseimbangan kimia seperti: Prinsip Le Chatelier (pengaruh konsentrasi, suhu, volume, tekanan dan Suhu, dan Konsentrasi dan Suhu Terhadap Kesetimbangan).

**Commented [MC1]:** Kalimat yang kurang huruf dll

## DAFTAR ISI

**Commented [MC1]:** Daftar Tabel  
Daftar Gambar mungkin perlu ditambah untuk memperjelas isi buku

### PENDAHULUAN

HalamanJudul	(i)
Prakata	(iii)
Sinopsis	(v)
Daftar Isi	(vii)

### ISI PAKET

Bab I	: Aturan dan Simbol Laboratorium.....	1
	Aturan Keselamatan.....	1
	Mengenal Simbol-Symbol Keselamatan.....	10
Bab II	: Keterampilan Dasar Laboratorium.....	15
	Teknik Mengukur.....	15
	Teknik Penanganan Bahan Kimia.....	21
	Teknik Menggunakan dan Merawat Timbangan .....	24
	Teknik Mengukur Volume Cairan.....	26
	Teknik Kalibrasi Labu Ukur.....	34
	Pipet Mohr versus Pipet Volum.....	36
	Teknik Kalibrasi Pipet Beral.....	37
	Teknik Membersihkan Pipet.....	39
	Teknik Menggunakan Buret.....	40
	Titik Akhir Vs Titik Ekuivalen.....	43
	Teknik Pemanasan.....	50
	Teknik Menggunakan Pemanas.....	51
	Teknik Menggunakan Pemanas Alkohol .....	52
	Teknik Menggunakan Pembakar Gas .....	54
	Teknik Memodifikasi Alat Gelas .....	58

	Teknik Penguapan dan Pengeringan .....	65
Bab III	: Pemisahan Campuran.....	69
	Campuran dan Metode Pemisahannya.....	69
	Eksperimen .....	75
Bab IV	: Larutan.....	89
	Konsentrasi Larutan.....	89
	Eksperimen .....	96
Bab V	: Sifat dan Perubahan Materi.....	111
	Materi dan Perubahan.....	111
	Eksperimen .....	114
Bab VI	: Thermokimia .....	123
	Konsep Thermokimia.....	123
	Eksperimen .....	129
Bab VII	: Hukum Gas.....	149
	Hukum-Hukum Gas.....	149
	Eksperimen .....	156
Bab VIII	: Keseimbangan Kimia.....	193
	Prinsip Le Chatelier .....	193
	Eksperimen .....	195

## PENUTUP

Daftar Pustaka	207
CVPenulis	209

## **BAB I**

### **ATURAN DAN SIMBOL LABORATORIUM KIMIA**

**Commented [MC1]:** Ukuran kertas, font, margin, dll baiknya disesuaikan dengan format yg sudah ditentukan supaya tdk mengulang lay out nantinya.

#### **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 filler atau pipet otomatis.



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

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

#### 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 ( $H_2SO_4$ ).

**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; matting acid; battery acid.  
**SEASTAR™ Product Codes:** IQ-03-0500, IQ-03-2500, IQ-03-259K, 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 # /NAF):** 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)-995-6666

---

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

CAS #	Chemical Name	Percent	ENCS/ELNCS	TLV	Hazard
7664-93-9	Sulphuric Acid	75-98%	231-439-5	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 sulphonating 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.

Commented [MC2]: Tidak terbaca nike...dst...hehee

<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)

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

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

**Skin:** Causes skin burns. Debating 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.

#### 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 powder. 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	Boiling Point: 554°F
Appearance: colorless	Freezing/Melting Point: 50.6°F
Odor: odorless	Decomposition Temperature: 340°C
pH: 0.3 (1% Solution)	Solubility: Soluble in water and ethanol.
Vapor Pressure: <0.00120 mm Hg	Specific Gravity/Density: 1.841
Vapor Density: 1.2 kg/m3	Molecular Formula: H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Evaporation Rate: Slower than ether.	Molecular Weight: 98.0716
Viscosity: Negligible.	

**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 Cyanohydrin, 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 Tetrachromate, Aniline + Glyoxal + Nitrobenzene, Benzyl Alcohol, Bromates + Metals, tert-Butyl-ethylene + Nitric Acid, 1-Chloro-2,3-epoxypropane, Bromine Pentafluoride, n-Butylaldehyde, Calcium 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 (Oxalates), Cyclopentadiene, Cyclopentanone oxime, 1,3-Dioxadobenzene, Diethylamine, Cuprous Nitride, Diacetylene, Ethylchlorohydrin, Ethylene Cyanohydrin, Ethylene Diamine, Ethylene Glycol, Dimethoxydimethoxyquinone, 4-Dimethylaminobenzaldehyde, 2,5-Dinitro-3-Methylbenzoic acid + Sodium Azide, 1,5-Dinitroanthralene + Sulfur, Ethoxylated nonylphenol, Fulminates, Halides, Hexathium disulfide, Ethylenimine, Ether Acids, Iodine Hexafluoride, Isetic, Isocrene, Hydrofluoric acid, Hydrogen peroxide, Metal acetylides or carbides, Metal Chlorates, Metal Perchlorates, 4-Methylpyridine, Nitramide, Nitric Acid + Organic materials, Nitric Acid + Toluene, Nitrites, Nitrosyl bases and derivatives, Nitrobenzene, 3-Nitrobenzenesulfonic Acid, Nitromethane, N-Nitrosodimethylamine, 4-Nitrotoluene, Permanganates, Phosphorus, Phosphorus (III) Oxide, Poly(silylene), Mercuric Nitride, Mesityl Oxide, p-Nitrotoluene, Pentasilver Trihydroxyaminophosphate, Perchlorates, Permanganates + Benzene, Phosphorus Isocyanate, Picralol, Potassium t-Butoxide, Potassium, 3-Propynol, Potassium Chlorate, beta-Propiolactone, Propylene Oxide, Pyridine, Rofidum Acetylene Carbide and Sodium, Silver, Permanganates, Silver, Perochromates, Sodium, Sodium Carbonate, Sodium Tetrahydroborate, Sodium Thiocyanate, Sucrose, Tetramethylbenzenes, 1,2,4,5-Tetrazole, Thallium (I) azodicarbonatate, 1,3,5-Trinitroisohydroxy-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 Products:** Hydrogen is generated by the action of the acid on most metals.

**SECTION 11 – Toxicological Information**

**RTECS:** CAS# 7664-93-6: WS960000.

**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# 7664-93-6: 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.

**Reproductive Effects:** No information available.

**Developmental Effects:** 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 by blugill 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.

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, 95.0%), 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: S2 Keep out of reach of children.

S09 In case of contact with eyes, rinse immediately with plenty of water and seek medical advice.

S53 Never add water to this product.

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

Canadian DSL/DSL: CAS# 7664-93-9 is listed on Canada's DSL/DSL 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>

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 acc

by  
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

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



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.



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 perindung 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.



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!



## **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>.

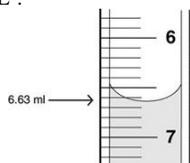
Tingkat ketidakpastian hasil pengukuran tergantung pada resolusi atau ketelitian alat ukur dan tingkat keterampilan dalam melakukan pengukuran. Misalnya, jika anda menggunakan penggaris dengan skala sentimeter (cm) untuk mengukur sepotong kayu, dan diperoleh panjang kayu tersebut antara 2 cm dan 3 cm.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

---

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

sehingga yang paling bisa anda nyatakan dengan pasti adalah kayu tersebut lebih panjang dari 2 cm dan 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 dengan skala 0.1 mL

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

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

---

<sup>7</sup> ibid

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 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

---

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

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 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>.

---

<sup>9</sup> Ibid

<sup>10</sup> Ibid

### 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  $42.732 \pm 0.005$  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

---

<sup>11</sup> Ibid. 71

secara akurat. Misalnya, “berat sekitar 5 g NaOH dicatat massanya sampai akurasi 0.01 g” artinya anda mendapatkan lebih atau kurang dari 5 g, tetapi anda perlu menentukan dan mencatat massa NaOH sebenarnya sampai 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.
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. Pindahan 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.

---

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

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  
Memegang botol dan tutupnya  
dengan satu tangan



Gambar 2.3  
Mengalirkan zat kimia serbuk  
ke atas kertas timbangan



Gambar 2.4  
Mengambil zat kimia dengan pipet beral



Gambar 2.5  
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 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.

---

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

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

**Commented [MC3]:** Ukuran gambar..dst.. baiknya diperbesar supaya lebih jelas terlihat...

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

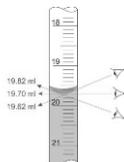
Cairan biasanya diukur dengan teknik volumetrik, yaitu menggunakan alat gelas untuk menyatakan ukuran volumenya. Secara umum, akurasi volumetrik berbanding terbalik dengan kapasitas atau ukuran gelas. Misalnya, gelas ukur 100 mL akurasiya memungkinkan mencapai  $\pm 1.0$  mL, dan gelas ukur 10 mL akurasiya mencapai  $\pm 0.1$  mL. Demikian juga, gelas volumetrik dengan ukuran kolomnya lebih kecil akurasiya 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 miniskus. 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)

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

pusat miniskus. Gambar 2.10 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.

---

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

- 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 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 menempel 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 penyimpan 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 ke dalam labu ukur untuk memastikan semua zat terlarut masuk ke dalam 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.
- 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

---

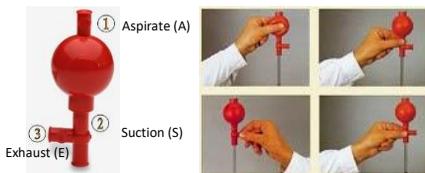
<sup>16</sup> Ibid., 75.

- 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”.
- 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>

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

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

- 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 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>.

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:

---

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

<sup>20</sup> *ibid*

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

Misalnya, jika diketahui massa nyata air (massa 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.

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.



Gambar 2.16  
Pipet Volum dan Pipet Mohr

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>.

#### 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,

---

<sup>21</sup> Ibid,76

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 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>.

---

<sup>22</sup> Ibid,77

<sup>23</sup> Ibid

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



Gambar 2.17  
Kalibrasi Pipet Beral

## 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>

---

<sup>24</sup> Ibid

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.

#### 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>

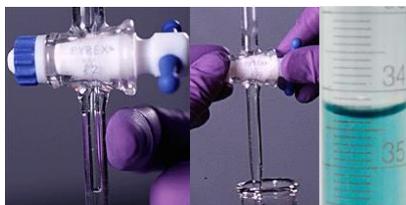
1. Bilas bagian dalam buret yang sudah bersih dengan menggunakan larutan yang akan digunakan untuk mengisi buret tersebut. Keluarkan larutan tersebut lewat keran sampai habis. Ulangi pembilasan paling kurang satu kali.
2. Pastikan bagian luar buret bersih dan kering. Pasang buret dengan posisi berdiri 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.
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).

---

<sup>25</sup> *ibid*,78

<sup>26</sup> *ibid*

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 *pinciock*, lepaskan *pinciock* beserta pipa karet tersebut. Jika buret menggunakan keran gelas, lepaskan keran tersebut. Apabila 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 terakhir bilas dengan akuades. Tempatkan di tempat yang aman sampai benar-benar kering.

---

<sup>27</sup> ibid

## 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 sekurang-kurangnya selama 10 atau 15 detik dalam keadaan wadah titrasi digoyangkan.
- 6) Catat volume akhir 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.

**Commented [MC4]:** Ukuran huruf disesuaikan....

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 akuades 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>

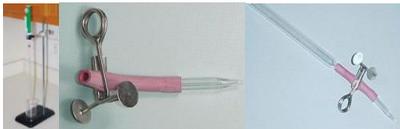
- 1) Gunakan pipet Mohr berkapasitas besar, misalnya ukuran 10 mL dengan skala 0.1 mL sehingga

---

<sup>30</sup> Ibid, 80

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.
- 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 dipasang 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 *pincocock* 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 dipasang 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.

---

<sup>31</sup> Ibid, 81

- 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.



Gambar 2.20

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

- 5) Setelah titrasi selesai, kembalikan pipet Beral ke gelas kimia.
- 6) Tentukan lagi massa gabungan dari gelas kimia, titran yang tersisa, dan pipet Beral. Catat massa gabungan tersebut seakurat mungkin.
- 7) Kurangi massa gabungan awal dengan massa gabungan akhir untuk mengetahui massa (gram) titran yang diperlukan untuk menyelesaikan titrasi.
- 8) 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 kimia, 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

**Commented [MCS]:** Ukuran huruf dst baiknya disesuaikan supaya lebih jelas dipahami pembaca

#### Kesalahan Absolut vs Kesalahan Relatif

Gelas ukur akurasinya 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, kesalahan mutlaknya 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 akurasinya 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 (super panas), 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>.

---

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



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>.

#### 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.

---

<sup>33</sup> Ibid



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.

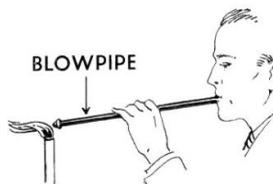
#### M. TEKNIK MENGGUNAKAN PEMANAS ALKOHOL

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.

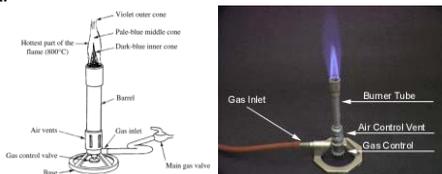
Caranya tempatkan ujung pipa pada pusat api, kemudian tiupkan secara perlahan.<sup>34</sup>



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, CH<sub>4</sub>, 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.

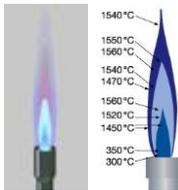
---

<sup>35</sup> Ibid,86

<sup>36</sup> Ibid

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).

3. Putar katup utama saluran gas ke posisi terbuka. Buka perlahan-lahan katup control gas dengan memutarnya kearah 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 kearah 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.
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 memutar katup kontrol gas sampai mendapatkan nyala yang diinginkan.



Gambar 2.27  
Model dan suhu nyala api



Gambar 2.28<sup>37</sup>  
Model nyala api menderu

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).

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

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

## O. TEKNIK MEMODIFIKASI ALAT GLAS

Dalam laboratorium kimia, sering diperlukan 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 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 komersial, 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>

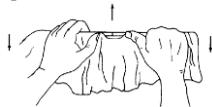


Gambar 2.30  
Menggores pipa gelas dengan kikir

- 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

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

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.



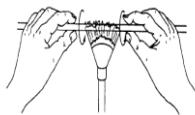
Gambar 2.31  
Cara mematahkan pipa gelas

## 2. Membengkokkan Gelas

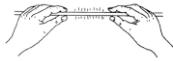
- 1) Letakkan sayap di puncak lampu bunsen yang sedang dalam keadaan mati. Sayap tersebut akan memperlebar nyala sehingga akan memanaskan pipa gelas lebih panjang sampai lunak. Nyalakan pembakar dan atur sampai memperoleh kerucut dalam berwarna biru sepanjang lebar bagian atas sayap (Gambar 2.32)



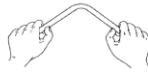
Gambar 2.32  
Sayap bagian atas pembakar  
Bunsen



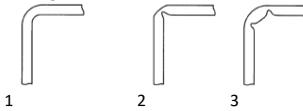
Gambar 2.33  
memegang pipa gelas  
diatas nyala



Gambar 2.34  
Cara memegang sebelum  
dibengkokkan



Gambar 2.35  
Membengkokkan pipa  
gelas dengan cepat



Gambar 2.36

Gelas 1 hasil yang bagus dan gelas 2 dan 3 kurang bagus

### 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.
- 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-

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

banyaknya. Kemudian tarik cairan pembersih berbusa melalui 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 membersihkan, 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 lainnya 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. Idealnya 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, seting temperaturnya sekurang-kurangnya 150 °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 menimbangnya.
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 PEMISAHAN 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

---

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

satu 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

---

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

fisiknya, misalnya perbedaan kelarutan, destilasi, rekristalisasi, ekstraksi pelarut, dan kromatografi. Dalam bagian ini, kita akan mempelajari metode-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 destilasi. 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 destilasi 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

---

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

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 di wadah penguapan. Misalnya, garam atau gula dapat diperoleh kembali dari campuran 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 penguapan. 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.

Destilasi adalah suatu metode pemisahan campuran yang didasarkan pada perbedaan tingkat volatilitas (kemudahan suatu zat untuk menguap) pada suhu dan tekanan tertentu. Destilasi merupakan proses fisika dan tidak terjadi reaksi kimia selama proses berlangsung. Dasar metode destilasi adalah perbedaan titik didih cairan

---

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

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

yang akan dipisahkan pada tekanan tertentu. Proses destilasi 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 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.

Destilasi fraksinasi adalah metode memisahkan komponen-komponen cair, dua atau lebih, dari suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Destilasi 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 Destilasi 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

---

<sup>46</sup> Ibid

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 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 destilasi. 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 destilasi 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, sarung tangan, dan 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 lajur A dan B tabel pengamatan.
- 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 tabel pengamatan.
- 5) Timbang gelas kimia (sebagai wadah penampung) yang lain dan catat massanya pada tabel pengamatan.
- 6) Seting corong, kertas saring dan gelas kimia penampung.
- 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 seperti Gambar. Panaskan gelas arloji beserta isinya menggunakan lampu bunsen atau oven sampai semua air menguap dan kering.

---

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

- 10) Timbang kertas saring beserta isinya dan catat massa pada tabel pengamatan. Hitung massa pasir.
- 11) Tempatkan gelas kimia penampung filtrat di atas hot plat dan panaskan sampai titik didih air. Panaskan secara kontinyu sampai semua air menguap. Setelah volume larutan diturunkan, garam terbentuk kembali melalui kristalisasi.
- 12) Setelah kristal garam kering, timbang beserta wadahnya dan catat massa wadah beserta isinya pada tabel pengamatan. Hitung massa garam.

**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

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

**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**

Destilasi merupakan metode yang paling tua digunakan untuk memisahkan campuran cairan. Destilasi 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 destilasi<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> Ibid,97

### **Alat dan Bahan**

- 1) Penyangga (statif dan klem)
- 2) Neraca analitik
- 3) Alat destilasi (kondensor/pipa gelas)
- 4) Labu destilasi
- 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 lajur A pada tabel pengamatan.
- 2) Masukkan 100 mL etanol ke dalam labu ukur/piknometer dan timbang kembali labu tersebut. Catat massanya pada lajur B pada tabel pengamatan!
- 3) Kurangi massa pada jalur B dengan massa pada jalur A ( $m_B - m_A$ ) sebagai massa alkohol dan catat hasilnya pada jalur C. Membagi massa C (alkohol) dengan 100 diperoleh massa jenis etanol (g/mL) dan catat hasilnya pada jalur D dalam tabel pengamatan!
- 4) Pindahkan etanol dari labu ukur ke dalam labu destilasi dan tambahkan sekitar 100 mL atau lebih etanol. Masukkan satu atau dua batu didih!
- 5) Pasang alat destilasi seperti (Gambar 3.1) dengan menggunakan gelas erlenmeyer 250 mL sebagai wadah penampung.
- 6) Hidupkan *hotplate* dan panaskan sampai titik didih etanol secara perlahan.

---

<sup>49</sup> Ibid,99

- 7) Destilasi dilakukan sampai diperoleh lebih dari 100 mL destilat dalam gelas penampung. (pastikan bahwa temperatur tidak naik atau melebihi titik didih alkohol, jika tidak, maka air akan terdestilasi sehingga mempengaruhi kemurnian hasil).
- 8) Hentikan pemanasan, Biarkan destilat dingin sampai suhu kamar. Pindahkan 100 mL destilat ke dalam labu ukur/Piknometer. Timbang labu beserta isi dan catat massanya pada lajur E dalam tabel pengamatan.
- 9) Kurangi massa pada E dengan massa pada lajur A untuk menentukan massa destilat, catat nilai ini dalam lajur F.
- 10) Bagi masa pada lajur F dengan 100 untuk memperoleh berat jenis destilat (g/mL) dan catat pada lajur G.
- 11) Ulangi percobaan ini dengan menggunakan campuran larutan Tuak!



Gambar 3.1  
Alat destilasi sederhana

Tabel 3.2  
Lembar Pengamatan Pemurnian Alkohol

Item	Data
A. Volumetric flask	... g
B. Volumetric flask with 100 mL 70% ethanol	... g
C. Mass of 100 mL 70% ethanol (B – A)	... g
D. Density of 70% ethanol (C/100)	... g/mL
E. Volumetric flask with 100 mL distilled ethanol	... g
F. Mass of 100 mL distilled ethanol (E – A)	... g
G. Density of distilled ethanol (F/100)	... g/mL

### Post Test

1. Apakah anda mendapatkan berat jenis destilat 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 destilat.
3. Destilasi 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, sarung tangan & 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 lajur A Tabel pengamatan. Pindahkan tembaga sulfat ke dalam gelas kimia 250 mL.
- 2) Timbang kertas saring dan catat massanya dengan ketelitian 0.01 g pada Tabel pengamatan.
- 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.

---

<sup>51</sup> ibid

- 5) Tempatkan gelas kimia di atas pemanas dan panaskan sampai titik didih air. Aduk larutan sampai semua tembaga 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 mendingin, 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 Tabel pengamatan.
- 13) 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	
B. Kertas saring	
C. Kertas saring + CuSO <sub>4</sub> murni	
D. CuSO <sub>4</sub> murni (C – B)	

**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.

Commented [MC6]: Tampilan disesuaikan....

**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 LARUTAN**

### **A. 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 kuaterner (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, CCl<sub>4</sub> dalam benzena), atau berinteraksinya molekul atau ion zat terlarut dengan molekul-molekul pelarut<sup>54</sup>.

Karak teristik yang paling penting dari suatu larutan adalah konsentrasi. Konsentrasi adalah istilah umum yang

---

<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

digunakan untuk menyatakan jumlah zat dalam jumlah tertentu campuran. 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

---

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

<sup>56</sup> Ibid, 122

yang akurat. Dengan kelemahan ini sehingga menjadi sulit membuat larutan dengan molaritas yang tepat. Selain itu, molaritas larutan berubah dengan perubahan suhu, 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

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

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

## 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

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

### 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 ( $\text{CaCl}_2$ ) 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 (bj) 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 iodin dalam etanol dan membuat volume akhirnya menjadi 100.0 mL, menghasilkan 100 mL larutan iodin 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 aquadest, 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  $20^\circ\text{C}$  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.
- 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

---

<sup>57</sup> Ibid,127

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<br>(25,22 g) | 13) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ |
| 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.
- 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 membasahi sisi-sisi gelas kimia sekitar 2 atau 3 mL, kemudian

---

<sup>58</sup> Ibid 127

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	Nominal M	Volume	Massa perhitungan	Massa sebenarnya	M sebenarnya
Tembaga sulfat pentahidrat	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	249.68 g/mol	1.0 M	100 mL	25.22 g	25.34 g	1.005 M
Aluminum 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
Potassium bromida		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Potassium kromat		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Potassium ferisianida		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Potassium iodida		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Potassium permanganat		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Silver nitrat		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Sodium karbonat		g/mol	M	100 mL	g	g	M
Sodium hidroksida		g/mol	M	100 mL	g	g	M

Contoh Label larutan:

<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	<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
--	---

Commented [MC7]: Ukuran huruf dll disesuaikan....

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

<sup>59</sup> Ibid 128

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 °C adalah 330 g/L dan massa rumusnya 329.24 g/mol.
- b. Tentukan molar jenuh larutan  $K_3[Fe(CN)_6]$  dengan cara membagi 330 g/L dengan 329.24 g/mol dan diperoleh 1.00 mol/L atau 1.00 M.
- c. Untuk menghindari larutan mengkristal pada suhu yang lebih rendah, maka anda dapat membuat larutan stok dengan konsentrasi 0.50 M atau 0.50 mol/L. Anda dapat saja membuat 0.60 M, 0.75 M

---

<sup>60</sup> Ibid,126

atau lainnya seperti 0.90 M. Tetapi membuat konsentrasi dengan angka yang mudah akan memudahkan anda dalam menangani perhitungan larutan pada kegiatan-kegiatan laboratorium lainnya.

- d. Satu molal (1 m) larutan didefinisikan sebagai satu mol zat terlarut dalam satu kilogram pelarut. Karena hanya membuat larutan 0.50 molal dengan 100 g air sebagai pelarut, maka diperlukan 0.05 mol kalium ferisianida.
- e. Diketahui bahwa massa rumus  $K_3[Fe(CN)_6]$  adalah 329.24 g/mol, maka diperlukan 16.46 g Kalium ferrisianida.
- f. Jika pada label botol atau kemasan Kalium ferrisianida tertulis kadar 99.0%, maka untuk mendapatkan 16.46 g  $K_3[Fe(CN)_6]$  dapat diperoleh dengan cara membagi 16.46 g dengan 0.99 (99%) sehingga diperoleh 16.63 g. Jadi jumlah zat dalam botol atau kemasan yang harus diambil untuk membuat larutan adalah 16.63 g (0.0500 mol).

#### **Alat dan Bahan**

- 1) Kaca mata pelindung
- 2) Sarung tangan
- 3) Timbangan
- 4) Gelas kimia 150 mL
- 5) Corong
- 6) Tetes mata
- 7) Botol pencuci atau botol semprot
- 8) Botol reagen atau botol penyimpanan
- 9) Label
- 10) Kalium ferrisianida (16.63 g)
- 11) 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>.

---

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

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) Kaca mata pelindung
- 2) Sarung tangan
- 3) Timbangan
- 4) Labu ukur 100 mL
- 5) Gelas ukur 10 mL
- 6) Gelas kimia 150 mL
- 7) Tetes mata
- 8) Corong
- 9) Botol pencuci atau botol semprot
- 10) Botol reagen atau botol penyimpanan
- 11) Label
- 12) HCl 37 % (8.33 mL)
- 13) Akuades

**Prosedur:**

- 1) Gunakan kaca mata 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. 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 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 tersebut 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 sekitar 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  $1 \text{ L} = 1.68 \text{ kg}$ . Berapa banyak larutan asam sulfat 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 indikator. Sebagai contoh, seorang ahli kimia membuat larutan 1% penolpthalein dalam etanol, larutan *aquaeus* phenol red 0.2%, dan 0.4% larutan *aquaeus* bromocresol hijau dan bromothymol

biru. Daripada dengan berat 1.000 gram bubuk phenolphthalein, dilarutkan dalam etanol, dan membuatnya sampai 100 mL dalam labu ukur, kebanyakan ahli kimia akan membuat larutan dengan melarutkan sekitar satu gram bubuk indikator ke dalam sekitar 100 mL etanol.

**Alat dan Bahan**

- 1) Kaca mata 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) Letakkan 1.00 g serbuk Phenolphthalein, kemudian pindahkan ke dalam gelas ukur.
- 4) Isi gelas ukur 100 mL dengan 100,00 mL alkohol, kemudian pindahkan alkohol tersebut ke dalam gelas kimia.
- 5) Aduk sampai larut dan bercampur sempurna.
- 6) Gunakan corong untuk memasukkan larutan 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 perubahan penampilan saja. Misalnya, ketika

---

<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.

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.

---

<sup>64</sup> Ibid.

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

<sup>66</sup> ibid

3. *Terjadi perubahan warna.* Biasanya perubahan warna mengindikasikan terbentuknya produk dengan warna yang 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, xylene, 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 Xylene 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) Trikloroetana
- 2) Akuades
- 3) Methanol
- 4) Xylene

5) 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 pengaduk. Apakah kedua cairan tersebut bercampur? Catat pengamatan anda pada lajur A Tabel pengamatan. (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 pengamatan).
- 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 Lajur B Tabel Pengamatan.
- 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

---

<sup>67</sup> Ibid,17

kedua larutan tersebut mana yang duluan dan mana yang belakangan, seperti pada langkah 1 – 4). Catat dan simpulkan hasil pengamatan anda pada lajur C Tabel pengamatan.

- 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 lajur D Tabel pengamatan!
- 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 lajur E Tabel pengamatan.

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) Aqua DM (demineralisasi)
- 2)  $\text{BaCl}_2$
- 3) sodium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- 4) barium sulfat,  $\text{BaSO}_4$
- 5) Tabung reaksi kapasitas  $> 10$  mL
- 6) Spatula
- 7) Batang pengaduk

### Prosedur:<sup>68</sup>

- 1) Isi dua buah tabung reaksi dengan 10 mL air deionisasi.
- 2) Tambahkan sejumlah kecil  $\text{BaCl}_2$  pada 10 mL air deionisasi dalam tabung reaksi pertama seperti yang dijelaskan di atas. Apakah padatan tersebut larut? Catat pengamatan anda pada lajur A Tabel pengamatan, dan simpan larutan untuk digunakan berikutnya.
- 3) Tambahkan sejumlah kecil sodium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , pada 10 mL air deionisasi dalam tabung reaksi ke dua. Apakah zat padat tersebut larut?

---

<sup>68</sup> Ibid, 17

- Catat pengamatan anda pada lajur B Tabel pengamatan, dan simpan larutan.
- 4) Campurkan isi tabung reaksi yang dihasilkan pada langkah 2 dan 3, gunakan tabung yang lebih besar. Catat hasil pengamatan anda pada lajur C Tabel pengamatan. Susun 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 lajur D Tabel pengamatan!

Tabel 5.2  
Lembar Pengamatan Pelarutan Zat

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

### Post Test

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

### 3. Mencampur Larutan

#### Alat dan Bahan

- |                                    |                                    |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1) FeCl <sub>3</sub>               | 7) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> |
| 2) Air deionisasi                  | 8) CaCl <sub>2</sub>               |
| 3) KSCN                            | 9) CuSO <sub>4</sub>               |
| 4) NaCl                            | 10) NH <sub>3</sub> pekat          |
| 5) NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> | 11) Tabung Reaksi                  |
| 6) HCl                             | 12) Spatula                        |

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

- 1) Larutkan sedikit FeCl<sub>3</sub> 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 pengamatan!
- 2) Gunakan tabung reaksi kecil, larutkan sedikit NaCl ke dalam 2 mL air deionisasi. Pada tabung reaksi yang lain, larutkan sedikit NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, ke dalam 2 mL air deionisasi. Campurkan ke dua larutan tersebut dan catat hasil pengamatan anda pada langkah 2 Tabel pengamatan!
- 3) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi kecil, kemudian larutkan sedikit Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Tambahkan 2 sampai 3 tetes asam HCl. Perhatikan secara seksama beberapa ciri berlansungnya reaksi kimia. Catat hasil pengamatan anda pada langkah 3 Tabel pengamatan!
- 4) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi ukuran kecil, kemudian larutkan sedikit

---

<sup>69</sup> Ibid, 18

CaCl<sub>2</sub>. Pada tabung reaksi yang lain, larutkan sedikit Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dalam air 2 mL. campurkan kedua larutan tersebut dan catat hasil pengamatan anda pada langkah 4 Tabel pengamatan!

- 5) Masukkan 2 mL air deionisasi ke dalam tabung reaksi ukuran kecil, larutkan sedikit CuSO<sub>4</sub> dengan 2 mL air deionisasi. Tambahkan larutan NH<sub>3</sub> pekat. Catat hasil pengamatan anda pada langkah 5 Tabel pengamatan!

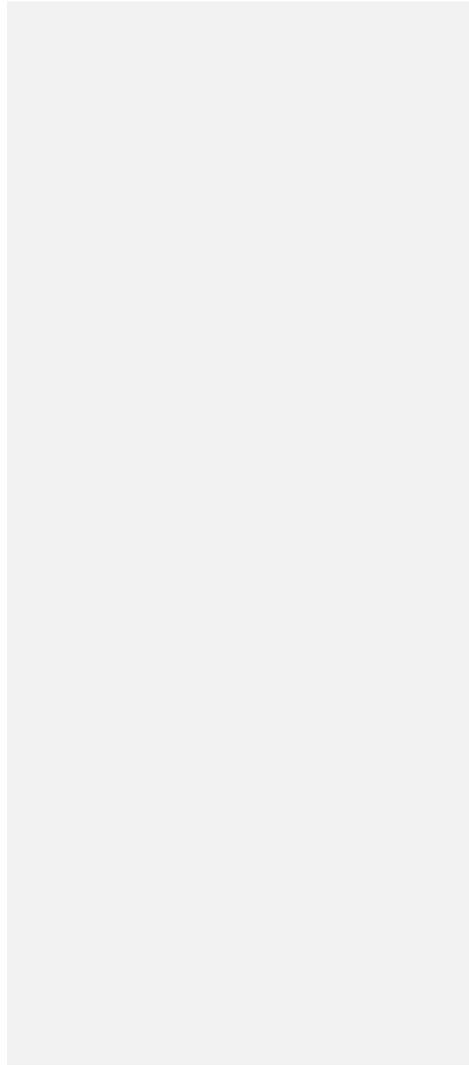
Tabel 5.3  
Lembar Pengamatan Pencampuran Larutan

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 THERMOKIMIA**

### **A. KONSEP THERMOKIMIA**

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

---

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

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  $300\text{ mm}$ , 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

---

<sup>71</sup> Ibid 271

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 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 fasa.

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.

Keseimbangan 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 dan wadah kedua adalah toples, 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 padatan 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!

### Thermokimia 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.

Commented [MC8]:

## 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  $2,390 \times 10^{-1}$  kilokalori (0,2390 C) dan satu kilokalori (kcal 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 massa juga, kemudian mengukur perubahan suhunya<sup>72</sup>.

### Alat dan Bahan

- 1) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Timbangan dan kertas timbangan.
- 3) Kalorimeter
- 4) Thermometer
- 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)

#### 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

Commented [MC9]:

### 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

<sup>72</sup> ibid 272

<sup>73</sup> ibid

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 pakaian 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.
- 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.

**Pembuangan Limbah**

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

Tabel 6.1  
Data 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				(+/-)	(+/-)

Commented [MC10]:

### 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 yang diperoleh dari buku atau sumber referensi yang lain? Jika sangat berbeda, ajukan penjelasan yang mungkin!

## 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) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 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 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.

---

<sup>74</sup> Ibid 274

- 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 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  $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$  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 kalorimeter 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  $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan catat nilainya pada baris C Tabel 6.2. (Idealnya, suhu tersebut mendekati  $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , 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  
Data Hasil Pengamatan Panas Fusi Es

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

Commented [MC11]:

### 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 bagian G tabel pengamatan 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 (c). 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 bersarkan massa.

Panas jenis sering dilambangkan dengan  $c_p$ ,  $c_v$ ,  $C_p$ , atau  $C_v$ . Hurup 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) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 2) Timbangan dan kertas timbangan
- 3) Kalorimeter
- 4) Thermometer
- 5) Gelas ukur, 100 mL
- 6) Tabung reaksi
- 7) Penjepi 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 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. Gunakanacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung!

**Prosedur****Commented [MC12]:**

- 1) Gunakanacamata 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 tambung 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  $J/g \cdot ^\circ C$  dan catat hasilnya pada baris G Tabel 6.3.

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

### 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-komponenya 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.

Tabel 6.3  
Hasil Pengamatan Pengukuran Panas Jenis Logam

Pariabel	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)

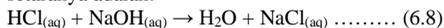
### Post Test

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?

Commented [MC13]:

#### 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 g/mL. Dengan memasukkan nilai yang diketahui ke dalam persamaan:

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

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) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian 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

#### 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.

#### Peringatan!

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

Commented [MC14]:

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

- 1) Gunakan kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 2) Jika anda mengawasi 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.

---

<sup>75</sup> Ibid 281

- 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.

**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**

Data Hasil 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

**Limbah**

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

**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!

Commented [MC15]:

## 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 volumenya berkurang

---

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

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 variable 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 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

---

<sup>77</sup> Ibid 246

<sup>78</sup> Ibid 246

secara matematis dengan cara substitusi (kita dapat menurunkan salah satu dari ketiga hukum ini jika dua lainnya diketahui).

### **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 dua kali 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

---

<sup>79</sup> Ibid 246

<sup>80</sup> Ibid 246

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

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 ( $J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ ).

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.** Setiap anda bernapas menggambarkan contoh penerapan Hukum Boyle. Saat anda menarik napas, otot anda memperbesar volume dada dan paru-paru anda, mengurangi tekanan gas 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 dapat masuk ke dalam ruang pembakaran melalui katup hisap yang terbuka. Pada langkah ini selinder 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) untuk menyalakan 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. **Kulkas dan AC.** Kulkas dan AC adalah sistem tertutup yang menggunakan hukum gas untuk mentransfer panas. Kompresor memampatkan gas (kadang sampai gas menjadi cair), selama suhu gas meningkat sesuai dengan Hukum Charles. Gas terkompresi dilewatkan melalui penukar panas, di mana ia melepaskan sebagian besar panasnya ke lingkungan luar. Gas terkompresi dingin kemudian dilewatkan melalui kumparan pendingin, di mana ia dibiarkan mengembang, mengurangi tekanannya dan (Hukum Charles) suhunya oleh efek Joule-Thompson. Gas dingin menyerap panas dari lingkungan luar, mendinginkannya. Siklus ini kemudian diulangi, menghasilkan perpindahan panas bersih dari satu tempat (seperti bagian dalam lemari es atau bagian dalam rumah anda) ke tempat lain (seperti bagian luar lemari es atau rumah anda). Proses yang sama digunakan oleh pompa panas, yang mentransfer panas dari udara luar yang dingin ke udara yang lebih hangat di dalam rumah Anda.
4. Kantong udara mobil (*Airbag*) menggambarkan Prinsip Avogadro secara dramatis. Kantong udara merupakan balon besar yang terbuat dari bahan yang sangat kuat. Mekanisme kantong udara termasuk

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 diisi 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!

## 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>

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

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 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 kilopaskal. 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.

---

<sup>82</sup> Ibid 249

### **Alat dan Bahan**

- 1) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 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)

#### **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..

**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.

**Prosedur<sup>83</sup>:**

- 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 7.1.
- 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 7.1.

---

<sup>83</sup> Ibid 249



Gambar 7.2  
Bagian-bagin 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*.
- 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*.



Gambar 7.3  
Posisi Karet Piston (*seal*)

- 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 di 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 yang 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  
Data Hasil 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?

Commented [MC16]:

## 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

---

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

mempertahankan agar suhu 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.

#### Kelvi 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 K).

Perbedaan antara skala Kelvin dan skala Celsius adalah pada garis dasarnya. Skala Kelvin menetapkan suhu 0 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 K. Oleh karena itu, pada skala Celsius, nol mutlak adalah  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Alat dan Bahan

- 1) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 2) Thermometer
- 3) Gelas kimia, 150 mL
- 4) Statif
- 5) Klem
- 6) Ring penyangga 4 "(100 mm)
- 7) Kawat kasa

Commented [MC17]:

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

Commented [MC18]:

<sup>85</sup> Ibid 254

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.
- 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>

<sup>86</sup> Ibid 254

- 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, 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 sebelah 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

Commented [MC19]:

menahan tekanan gas seketika akan meledak dengan keras<sup>87</sup>.

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 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>.

Tabel 7.2  
Data Hasil 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

### 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

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

<sup>88</sup> *ibid*

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 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>

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

### **Alat dan Bahan**

- 1) Pelindung mata, sarung tangan, dan pakaian pelindung
- 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)

#### **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 ( $\pi^2 = \text{Luas}$ ), 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  
Data Hasil Pengamatan dan Perhitungan Hubungan Volume-  
Tekanan gas

<b>Item</b>	<b>Hasil Pengamatan</b>
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?

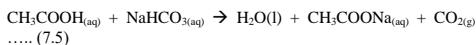
#### 4. Menggunakan Hukum Gas Ideal untuk Menentukan Persentase Asam Asetat dalam Venegar

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.

---

<sup>91</sup> lbit 260



Gambar 7.6  
Rangkaian Peralatan Penghasil dan Penampung Gas

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 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 pakaian pelindung.
- 2) Timbangan
- 3) *Paper towel* (handuk kertas/Tisu makan)
- 4) Barometer (opsional)
- 5) Termometer
- 6) Gelas ukur 100 mL
- 7) Corong

---

<sup>92</sup> Ibid 261

<sup>93</sup> Ibid 261

- 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) Sodium 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.

#### **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 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 tissue tersebut hingga beberapa lapis tissue 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 garis 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 (garis G) dengan massa molarnya  $60,05 \text{ g/mol}$ , dan masukkan nilai tersebut pada garis H Tabel 7.4.
- 21) Hitung persentase massa asam asetat dalam cuka dengan cara membagi massa asam asetat (garis H) dengan massa sampel cuka (garis 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  
Data Hasil 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!

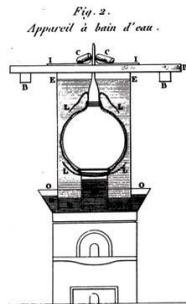
**5. Menentukan Massa Molar dari Massa Jenis Uap**

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.

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



Gambar 7.7

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

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>

#### **Alat dan Bahan**

- 1) Kacamata pelindung, sarung tangan, dan pakaian 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

---

<sup>94</sup> Ibid 265

- 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

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

- 2) Rekatkan dengan longgar selembur 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 penagas 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 kedalam penangas air panas. Biarkan labu

menghangat selama satu atau dua menit sampai anda menyelesaikan perhitungan berikut.

- 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 garis 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.

Commented [MC20]:

**Limbah**

Tidak ada limbah yang dihasilkan dalam kegiatan ini.

Tabel 7.5  
Data Hasil 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?

## **BAB VIII**

### **KESETIMBANGAN KIMIA**

#### **A. PRINSIP LE CHATELIER**

Keseimbangan 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 keseimbangan kimia dinamis<sup>95</sup>.

Keseimbangan disebut "dinamis" karena setiap perubahan lingkungan reaksi yang terjadi seperti konsentrasi, suhu, volume, atau tekanan akan menyebabkan perubahan pada keseimbangan yang sesuai dengan perubahan lingkungan tersebut. Sebagai contoh, jika reaksi kimia mencapai keseimbangan dinamis dan kemudian reaktan ditambah, maka sistem reaksi akan berubah untuk mencapai keseimbangan 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 keseimbangan dinamis, maka keseimbangan akan berubah karena bertambahnya reaktan yang terkonversi menjadi produk.<sup>96</sup>

---

<sup>95</sup> Robert Bruce Thompson.229.

<sup>96</sup> Ibid.

Kimiawan Perancis Henry Louis Le Chatelier menjelaskan pengaruh perubahan lingkungan terhadap kesetimbangan kimia 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>97</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>98</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 ke kiri (konversi produk menjadi reaktan). Sistem

---

<sup>97</sup> Ibid.

<sup>98</sup> Ibid.230

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 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) Pipet tetes atau pipet beral
- 2) Tabung reaksi 6 buah dan rak tabung

- 3) Gelas kimia 150 mL 2 buah
- 4) Lampu alkohol atau pemanas lainnya
- 5) Klem melingkar
- 6) Kasa
- 7) Batang pengaduk
- 8) Air keran
- 9) Natrium klorida, NaCl (~ 40 g)
- 10) Natrium karbonat, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (~ 1.6 g)
- 11) Magnesium sulfat, MgSO<sub>4</sub> (~ 1.3 g)
- 12) Asam klorida, HCl pekat
- 13) 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 percikan, 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 (NaCl). Larutan tersebut mengandung ion natrium (Na<sup>+</sup>) dan ion klorida (Cl<sup>-</sup>). Untuk sampel larutan natrium klorida jenuh, kita akan menambahkan asam klorida pekat (yang mengandung ion Cl<sup>-</sup> tetapi tidak mengandung ion Na<sup>+</sup>), larutan natrium karbonat jenuh (mengandung Na<sup>+</sup> 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, sarung tangan, dan pakaian 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.
- 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.
- 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.
- 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 kemas 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!
- 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!
- 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 sampai anda menambahkan sekitar 5 mL.
- 10) Tambahkan air tetes demi tetes air ke tabung D (sebagai kontrol), amati setiap perubahan yang terjadi pada setiap tetes penambahan air. Teruskan penambahan air sampai volume air yang anda tambahkan sekitar 5 mL.

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 $\text{NaCl}$ ) + $\text{HCl}$ 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	

### Mengamati Pengaruh Suhu Terhadap Keseimbangan

Dalam larutan jenuh natrium klorida, natrium klorida padat berada dalam keadaan keseimbangan dengan ion natrium dan ion klorida dalam larutan. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa perubahan suhu lingkungan reaksi akan menyebabkan perubahan keseimbangan kimia. Oleh karena itu, diharapkan kelebihan natrium klorida akan larut pada suhu yang lebih tinggi.

#### Prosedur:

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Pindahkan sekitar setengah dari larutan jenuh natrium klorida yang tersisa (~40 mL) ke dalam gelas kimia kecil atau labu.

Commented [MC21]:

- 3) Tambahkan sedikit kristal NaCl ke dalam gelas kimia atau labu sampai terbentuk sedikit endapan kristalnya di dasar gelas kimia.
- 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!

Tabel 8.2  
Lembar Pengamatan Pengaruh Suhu Terhadap  
Keseimbangan

Prosedur	Pengamatan
~40 mL larutan jenuh NaCl + kristal NaCl	
~40 mL larutan jenuh NaCl dipanaskan	

### **Mengamati Pengaruh Volume Terhadap Keseimbangan**

Dalam larutan jenuh natrium klorida, natrium klorida padat berada dalam keadaan keseimbangan dengan ion natrium dan ion klorida dalam larutan. Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa mengubah volume pelarut akan menyebabkan perubahan keseimbangan kimia. Meningkatkan jumlah air akan

meningkatkan jumlah natrium klorida yang larut. Berikut percobaanya.

- 1) Sebelum anda bekerja, gunakan kacamata, sarung tangan, dan pakaian 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: perkiraan jumlah natrium klorida yang tidak larut tersebut!
- 3) Tambahkan 10 tetes air ke gelas kimia, dan aduk larutan untuk menentukan apakah bertambah jumlah natrium klorida yang larut.
- 4) Lanjutkan penambahan 10 tetes air setelah waktu tertentu sampai semua kristal NaCl larut.

Tabel 8.3  
Lembar Pengamatan Pengaruh Volume Terhadap  
Keseimbangan

Prosedur	Pengamatan
~40 mL larutan jenuh NaCl	
~40 mL larutan jenuh NaCl + air	

### **Pengaruh Tekanan (dan Suhu) Terhadap Keseimbangan Reaksi**

Prinsip Le Chatelier menyatakan bahwa perubahan tekanan lingkungan reaksi akan mempengaruhi keseimbangan kimia. Air minum berkarbonasi mengandung  $\text{CO}_2$  terlarut, yang mana lebih mudah larut pada tekanan yang lebih tinggi. Jika tekanan diturunkan, maka konsentrasi  $\text{CO}_2$  dalam

larutan akan berkurang dengan cara melepaskan gas  $\text{CO}_2$ .

- 1) Sebelum Anda bekerja, gunakan kacamata, sarung tangan, dan pakaian pelindung.
- 2) Biarkan dalam keadaan tertutup, kocok botol minuman dingin berkarbonasi.
- 3) Segera setelah botol minuman berkarbonasi dikocok, arahkan mulut botol kearah yang aman kemudian buka tutupnya.
- 4) Ulangi langkah 2 dan 3 dengan botol minuman berkarbonasi pada suhu kamar.

Tabel 8.4  
Lembar Pengamatan Pengaruh Tekanan Terhadap  
Kesetimbangan

Prosedur	Pengamatan
Minuman berkarbonasi dingin	
Minuman berkarbonasi suhu lingkungan	

### Post Test

1. Pada bagian I, substansi apa yang terbentuk pada saat Anda menambahkan  $\text{HCl}$  pekat pada larutan jenuh  $\text{NaCl}$ ? Mengapa?
2. Pada bagian I, substansi apa yang terbentuk pada saat Anda menambahkan larutan jenuh  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada larutan jenuh  $\text{NaCl}$ ? 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, kita mengamati pengaruh meningkatnya volume pelarut terhadap kesetimbangan dinamis larutan jenuh NaCl. Apakah mungkin, 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: 50 g KBr didalam 50 mL air panas. KBr padat juga bisa digunakan.
- 2) Larutan  $\text{CuSO}_4$  0,2 M: 50 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dalam 1 L air.
- 3) HCl pekat

**Prosedur:**

- 1) Masukkan sekitar 150 mL larutan  $\text{CuSO}_4$  ke dalam botol/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) Perlihatkan pengaruh dari perubahan konsentrasi: tambahkan sedikit padatan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , dan catat perubahan warna dari hijau ke biru. Tambahkan HCl ke dalam larutan, dan catat perubahan warna dari biru ke hijau.
- 5) Amati pengaruh perubahan suhu: tempatkan gelas mulai dari tahapan dalam air es, dan catat perubahan warna dari hijau ke biru. Keluarkan dari air es, panaskan gelas tersebut, dan catat perubahan warna dari biru ke hijau.

**Reaksi:**

- 1) Reaksi kesetimbangannya:  
$$\text{Heat} + \text{CuSO}_{4(aq)} + 4\text{KBr}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{K}_2[\text{CuBr}_4]_{(aq)} + \text{K}_2\text{SO}_{4(aq)}$$

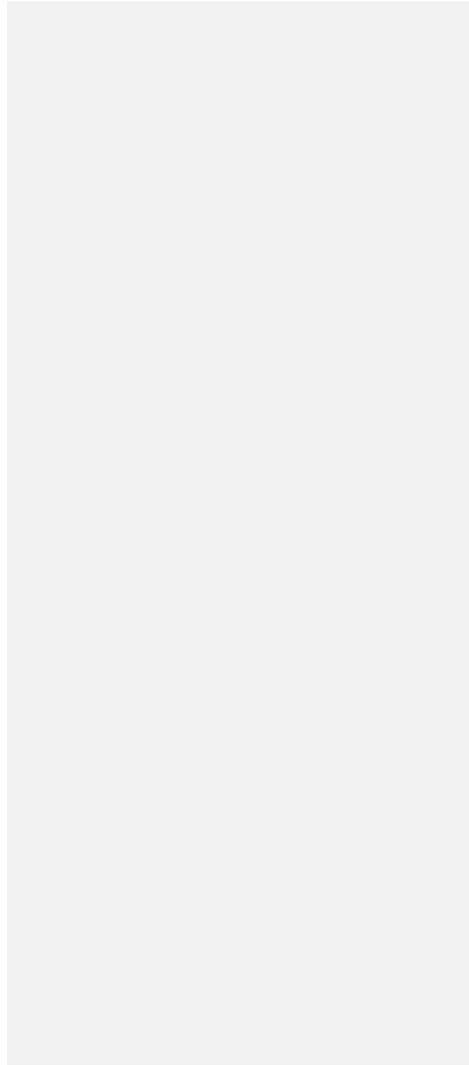
(biru)  (hijau)

Atau secara sederhana:  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)} + 4\text{Br}^{-}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{CuBr}_4^{2-}_{(aq)}$
- 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)

**Pos Test**

1. Apakah ini merupakan reaksi endoterm atau eksoterm?
2. Mengapa pemanasan menggeser kesetimbangan?

3. Mengapa penambahan  $\text{KBr}$  menggeser kesetimbangan?
4. Mengapa penambahan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  menyebabkan kesetimbangan 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 IAIN Mataram th 2007 - sekarang. Ketua Jurusan Tadris Kimia tahun 2017- sekarang.