



# ANALISIS BAHAN SECARA GRAVIMETRI



**KIM/ ANL - II**

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
JAKARTA  
2004**

## KATA PENGANTAR

Pendidikan Menengah Kejuruan sebagai penyedia tenaga kerja terampil tingkat menengah dituntut harus mampu membekali tamatan dengan kualifikasi keahlian standar serta memiliki sikap dan perilaku yang sesuai dengan tuntutan dunia kerja. Sejalan dengan itu maka dilakukan berbagai perubahan mendasar di dalam penyelenggaraan pendidikan kejuruan. Salah satu perubahan tersebut adalah penerapan Sistem Pendidikan dan Pelatihan Berbasis Kompetensi.

Dalam rangka mengimplementasikan kebijakan tersebut, maka dirancang kurikulum yang didasarkan pada jenis pekerjaan dan uraian pekerjaan yang dilakukan oleh seorang analis dan teknisi kimia di dunia kerja. Berdasarkan hal itu disusun kompetensi yang harus dikuasai dan selanjutnya dijabarkan ke dalam deskripsi program pembelajaran dan materi ajar yang diperlukan yang disusun ke dalam paket-paket pembelajaran berupa modul.

Modul-modul yang disusun untuk tingkat II di SMK program keahlian Kimia Analisis dan Kimia Industri berjumlah empat belas modul yang semuanya merupakan paket materi ajar yang harus dikuasai peserta didik untuk memperoleh sertifikat sebagai **Pengelola Laboratorium**. Judul-judul modul dapat dilihat pada peta bahan ajar yang dilampirkan pada setiap modul.

BANDUNG, DESEMBER 2003

TIM KONSULTAN KIMIA

FPTK UPI

## DAFTAR ISI MODUL

halaman

HALAMAN DEPAN (COVER1)	
HALAMAN DALAM (COVER 2)	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PERISTILAHAN/GLOSARIUM.....	v
I. PENDAHULUAN	
A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat .....	2
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	2
D. Tujuan Akhir .....	4
E. Kompetensi .....	5
F. Cek Kemampuan .....	5
II. PEMBELAJARAN	
A. Rencana Belajar Siswa .....	7
B. Kegiatan Belajar	
1. Kegiatan Belajar 1	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 1.....	7
b. Uraian Materi 1 .....	7
c. Rangkuman 1 .....	12
d. Tugas 1 .....	13
e. Tes Formatif 1 .....	13
f. Kunci Jawaban Formatif 1 .....	14
g. Lembar Kerja 1 .....	14
2. Kegiatan Belajar 2	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 2 .....	17
b. Uraian Materi 2 .....	17
c. Rangkuman 2 .....	26
d. Tugas 2 .....	27
e. Tes Formatif 2 .....	28
f. Kunci Jawaban Formatif 2 .....	28
3. Kegiatan Belajar 3	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 3 .....	29
b. Uraian Materi 3 .....	29
c. Rangkuman 3 .....	38
d. Tugas 3 .....	39
e. Tes Formatif 3 .....	39

f. Kunci Jawaban Formatif 3 .....	40
g. Lembar Kerja 3 .....	40
4. Kegiatan Belajar 4	
a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran 4 .....	42
b. Uraian Materi 4 .....	43
c. Rangkuman 4 .....	48
d. Tugas 4 .....	48
e. Tes Formatif 4 .....	48
f. Kunci Jawaban Formatif 4 .....	49
g. Lembar Kerja 4 .....	49
III EVALUASI .....	52
Kunci Jawaban.....	53
IV PENUTUP .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57

## GLOSSARY

**Analit**

Zat yang dianalisis

**Digest**

dipanaskan dalam larutan = *warmed in the solution*).

**Faktor gravimetri**

jumlah gram analit di dalam 1 gram endapan

**Gravimetri**

analisis kimia melalui penentuan berat

**Gravimetri pengendapan**

gravimetri dimana komponen yang diinginkan diubah menjadi bentuk yang sukar larut

***Gravimetri penguapan***

gravimetri dimana komponen yang tidak diinginkan diubah menjadi uap

**Ion kompleks**

ion yang merupakan gabungan antara atom pusat dan ligan

**Ion senama**

ion yang sejenis dengan ion-ion yang ada dalam sistem kesetimbangan kelarutan

**Kelarutan molar**

jumlah mol zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu

**Kelarutan zat**

jumlah zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu yang dinyatakan dalam mol atau gram.

**Kesetimbangan kelarutan**

sistem kesetimbangan dari elektrolit yang sukar larut

**Kontaminasi adsorpsi**

pengotoran suatu endapan yang diakibatkan terserapnya zat lain oleh permukaan endapan  
merupakan bagian dari kontaminasi kopresipitasi

**Kontaminasi endapan**

pengotoran suatu endapan yang diakibatkan terserapnya zat lain

**Kontaminasi kopresipitasi**

pengotoran suatu endapan oleh zat lain yang larut dalam pelarut

**Kontaminasi oklusi**

pengotoran suatu endapan saat terjadinya pertumbuhan kristal

**kontaminasi postpresipitasi**

pengotoran suatu endapan karena timbulnya pengendapan berikutnya

**Peptisasi**

pengendapan halus pada waktu pencucian

**pH**

Logaritma negatif ion hidrogen dalam larutan ( $-\log [H^+]$ )

**Sampel**

sebagian kecil dari bahan yang dipilih sehingga mewakili keseluruhan bahan tersebut  
disebut juga cuplikan atau contoh

**Sampling**

proses pengambilan sampel dari keseluruhan bahan

**Tetapan hasilkali kelarutan**

atau *solubility product constant*  
tetapan kesetimbangan dari elektrolit yang sukar larut  
diberi simbol  $K_{sp}$

## I PENDAHULUAN

### A. Deskripsi

Modul ini berjudul *Analisis Bahan Secara Gravimetri*. Materi pelajaran meliputi kalibrasi neraca, kesetimbangan larutan (pengertian reaksi kesetimbangan, faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan, kelarutan senyawa dan hasil kali kelarutan) dan gravimetrinya sendiri (penentuan kadar air dalam bahan, penentuan kadar  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Untuk mempermudah dan memperoleh pemahaman yang memadai dalam mempelajari modul ini, disarankan anda terlebih dahulu mempelajari dan memahami modul sebelumnya seperti : (1) Modul stoikiometri, (2) Modul teknik sampling dan penyiapan sampel, (3) Modul Reaksi asam basa, (4) Modul reaksi reduksi oksidasi, dan (5) Modul kesetimbangan.

Beberapa kemampuan (*competencies*) dan kinerja (*performance*) yang harus dicapai setelah anda mempelajari modul ini adalah sebagai berikut :

Kemampuan dan Kinerja yang harus dicapai		
Pengetahuan	Keterampilan	Sikap
<ul style="list-style-type: none"><li>• Menjelaskan cara mengkalibrasi neraca</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mengkalibrasi neraca</li></ul>	Mau berpartisipasi dalam mengkalibrasi neraca dengan benar, dan hati-hati
<ul style="list-style-type: none"><li>• Menjelaskan makna reaksi kesetimbangan</li><li>• Menentukan kadar spesi dalam kesetimbangan</li><li>• Menjelaskan makna kelarutan dan hasil kali kelarutan</li><li>• Menghitung kelarutan zat berdasarkan data hasil kelarutannya</li><li>• Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan</li><li>•</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mau berpartisipasi dalam latihan penyelesaian soal</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Menjelaskan prinsip-prinsip gravimetri</li><li>• Teknik melakukan analisis</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Menentukan kelarutan suatu zat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mau berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kelarutan zat dengan</li></ul>

gravimetri		sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menjelaskan cara penentuan kadar <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> dan <math>\text{PO}_4^{3-}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menentukan kadar <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> dan <math>\text{PO}_4^{3-}</math> secara gravimetri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mau berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kadar <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math> dan <math>\text{PO}_4^{3-}</math> secara gravimetri dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati</li> </ul>

## B. Prasyarat

Untuk menguasai secara optimal kemampuan yang dituntut dari Modul Analisis Bahan Secara Gravimetri ini, dipersyaratkan anda menguasai :

- (1) Modul stoikiometri
- (2) Modul teknik sampling dan penyiapan sampel
- (3) Modul reaksi asam basa
- (4) Modul reaksi reduksi oksidasi
- (5) Modul kesetimbangan

Kemampuan khusus yang harus anda tekuni dan latih secara intensif dari modul-modul yang dipersyaratkan tersebut adalah :

- (1) Terampil melakukan perhitungan kimia (stoikiometri)
- (2) Terampil dalam menyiapkan sampel

## C. Petunjuk Penggunaan Modul

Modul ini dirancang sebagai bahan untuk melangsungkan pembelajaran maupun kerja mandiri. Untuk meningkatkan proses dan hasil belajar, maka pada bagian ini diberikan panduan belajar bagi siswa dan panduan mengajar bagi guru.

### 1. Panduan belajar bagi siswa

- a. Bacalah dengan cepat keseluruhan modul ini (*skimming*)
- b. Buatlah diagram yang berisikan materi utama yang dibicarakan dalam modul ini berikut aktifitas yang diminta. Beri kotak segi empat untuk setiap materi/konsep utama yang dibicarakan. Tiap kotak diberi nomor urut untuk memudahkan penelusuran isi konsepnya.

- c. Siapkan kertas kosong HVS berukuran 10 x 10 cm (lebih baik lagi kertas lipat berwarna yang banyak dijual di toko buku). Tuliskan nomor dan makna atau isi konsep sesuai yang tercantum dalam diagram.
- d. Pahami isi masing-masing konsep yang tertera pada diagram.
- e. Diskusikan dengan guru dan teman-teman tentang konsep-konsep yang belum anda difahami hingga mendapat kejelasan
- f. Jawablah semua soal-soal yang menguji penguasaan konsep, kemudian periksa hasilnya dengan kunci jawaban yang disediakan. Pelajari kembali apabila penguasaan kurang dari 80%. Ingat ! Kunci jawaban hanya di gunakan setelah anda mengerjakan soal, dan hanya digunakan untuk mengetahui pemahaman nyata anda.
- g. Latihlah cara mengkalibrasi dan menggunakan neraca.
- h. Latihlah cara menghitung kelarutan zat, dan penentuan zat secara teoritis.

## 2. Peran Guru

- a. Sebelum pembelajaran dengan modul ini dilangsungkan, terlebih dahulu dipersiapkan OHT (*Overhead Transparencies*) yang memuat struktur materi/konsep utama dalam bentuk diagram. Transparansikan sketsa neraca lengkap dengan bagian-bagiannya. Bawalah siswa ke ruang timbang untuk menunjukkan bagian-bagian neraca dan diskusikan teknik mengkalibrasi.
- b. Tugaskan pada setiap siswa untuk melakukan kalibrasi, dan observasi tingkat keterampilannya.
- c. Diskusikan tentang konsep penerapan konsep kesetimbangan dalam kaitannya dengan analisis gravimetri; cara menentukan kadar zat dalam sampel secara gravimetri.
- d. Tugaskan pada kelompok siswa untuk mempraktekkan penentuan tetapan kesetimbangan, penentuan kelarutan zat, dan penentuan kadar zat secara gravimetri khususnya penentuan  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan  $\text{PO}_4^{3-}$ . Observasi kemampuan kerjanya

- e. Diskusikan kesulitan-kesulitan siswa berkaitan dengan penentuan kadar zat secara gravimetri
- f. Tugaskan pada siswa untuk menguji penguasaan konsep dengan cara mengerjakan soal-soal yang telah ada dalam modul. Bagi siswa yang belum mencapai penguasaan minimal 80% disuruh untuk mempelajari kembali secara mandiri di rumahnya.
- g. Evaluasi kemampuan siswa sesuai sasaran yang tercantum dalam modul ini baik dalam aspek pengetahuan, ketrampilan maupun sikap. Penilaian aspek pengetahuan dapat menggunakan soal yang tercantum dalam modul. Penilaian keterampilan dan sikap dengan menggunakan lembar pengamatan seperti dicontohkan pula dalam modul ini. Penilaian sikap dan keterampilan sebaiknya dilakukan sejak proses pembelajaran berlangsung.

#### D. Tujuan Akhir

Tujuan akhir yang harus dicapai setelah menyelesaikan modul ini tertuang pada tabel sebagai berikut :

Kinerja yang diharapkan	Kriteria keberhasilan	Kondisi/variabel yang diberikan
Terampil ( <b>P</b> ) dan aktif berpartisipasi ( <b>A</b> ) dalam mengkalibrasi neraca sesuai prosedur yang dipersyaratkan ( <b>K</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsep dasar cara mengkalibrasi neraca dikuasai minimal 80%</li> <li>• Menunjukkan hasil kerja pengkalibrasian neraca secara benar, cermat, dan hati-hati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disediakan Neraca analitik non-digital dan digital</li> </ul>
Terampil ( <b>P</b> ) dan aktif berpartisipasi ( <b>A</b> ) dalam menentukan tetapan kesetimbangan dan kelarutan zat yang mengacu pada konsep kesetimbangan ( <b>K</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsep dasar tetapan kesetimbangan, kelarutan zat dan hasil kali kelarutan minimal 80%</li> <li>• Dapat menentukan tetapan kesetimbangan dan kelarutan suatu zat berdasarkan eksperimen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disediakan penuntun praktikum dan lembar kerja</li> </ul>
Terampil ( <b>P</b> ) dan aktif berpartisipasi ( <b>A</b> ) dalam menentukan kadar $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , dan $\text{PO}_4^{3-}$ menurut cara gravimetri ( <b>K</b> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsep dasar penetapan bahan secara gravimetri minimal 80%</li> <li>• Dapat menentukan kadar <math>\text{Fe}^{3+}</math>, <math>\text{Ba}^{2+}</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Ni}^{2+}</math>, dan <math>\text{PO}_4^{3-}</math> berdasarkan eksperimen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disediakan penuntun praktikum dan lembar kerja</li> <li>• Disediakan sampel untuk dianalisis</li> </ul>

Keterangan:  
 K = Kognitif  
 P = Psikomotor  
 A = Afektif

### E. Kompetensi

Kompetensi yang akan dicapai dalam modul ini adalah untuk mencapai kemampuan menganalisis Bahan Secara Kuantitatif yang mencakup aspek-aspek berikut ini.

Sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Lingkup Belajar	Materi Pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Keterampilan
1	2	3	4	5	6
Melakukan analisis bahan secara gravimetri	1. Kalibrasi neraca dilakukan sesuai prosedur  4. Analisis bahan secara gravimetri didasarkan pada penimbangan	Kalibrasi neraca  Gravimetri	Teliti dalam mengkalibrasi neraca  Teliti dan cermat dalam melakukan reaksi dan penimbangan	Cara mengkalibrasi neraca  Penentuan kadar air dalam bahan  Penentuan kadar $Fe^{3+}$ , $Ba^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Ni^{2+}$ , dan $PO_4^{3-}$	Mengkalibrasi neraca  Melakukan penimbangan  Merangkai peralatan  Melakukan titrasi pengendapan  Menentukan kadar anion dan kation dalam suatu bahan  Menentukan kemurnian suatu bahan

### F. Cek Kemampuan

Berikut ini merupakan lembar pengecekan kemampuan anda terhadap isi materi yang akan dicapai pada modul. Lembar isian tersebut harus dipandang sebagai alat evaluasi diri, olehkarena itu harus diisi dengan sejujurnya, dan apabila sebagian besar pertanyaan sudah anda kuasai, maka anda dapat mengerjakan soal atau minta pengujian praktek pada guru.

Berikan tanda cek (V) pada tingkat penguasaan sesuai yang anda

No.	Aspek yang harus dikuasai	Tingkat Penguasaan		
		Baik	Sedang	Kurang
1	Pemahaman anda tentang cara mengkalibrasi neraca			
2	Keterampilan anda dalam mengkalibrasi neraca			
3	Keterampilan anda dalam menggunakan neraca			
4	Pemahaman anda tentang kesetimbangan kimia			
5	Pemahaman anda tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan kimia			
6	Keterampilan anda dalam mengamati reaksi yang berlangsung setimbangan			
7	Pemahaman anda kelarutan dan hasil kali kelarutan			
8	Keterampilan anda dalam menghitung kelarutan suatu zat			
9	Keterampilan anda menggunakan data $K_{sp}$			
10	Keterampilan anda dalam menentukan kelarutan zat secara eksperimen			
11	Pemahaman anda tentang prinsip analisis gravimetri			
12	Pemahaman anda tentang cara penetapan ion $Fe^{3+}$ , $Ba^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Ni^{2+}$ , dan $PO_4^{3-}$			
13	Keterampilan anda dalam melakukan titrasi pengendapan untuk menetapkan ion $Fe^{3+}$ , $Ba^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Ni^{2+}$ , dan $PO_4^{3-}$			
14	Keterampilan anda dalam memanaskan sampel hasil dari titrasi pengendapan			
15	Keterampilan anda dalam penimbangan sampel yang ditetapkan kadarnya			
16	Keterampilan anda dalam menentukan kadar $Fe^{3+}$ , $Ba^{2+}$ , $Ca^{2+}$ , $Ni^{2+}$ , dan $PO_4^{3-}$ hasil eksperimen			
17	Pemahaman anda dalam menghubungkan data eksperimen dengan perhitungan teoritis			

## II. PEMBELAJARAN

### A. Rencana Belajar Siswa

Tabel berikut merupakan rambu-rambu rencana pembelajaran dengan menggunakan Modul ini. Rambu-rambu ini bersifat fleksibel dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kondisi sekolah.

Kompetensi : Menganalisis bahan secara kuantitatif

Sub Kompetensi : H.2 Melakukan analisis bahan secara gravimetri

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Perubahan dan Alasan	Tanda tangan Guru
KBM-1 • Kalibrasi neraca		40 jam			
KBM-2 • Kesetimbangan larutan		60 jam			
KBM-3 • Prinsip gravimetri		60 jam			
KBM-4 • Gravimetri penentuan kadar $\text{Fe}^{3+}$ , $\text{Ba}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Ni}^{2+}$ , $\text{PO}_4^{3-}$		80 jam			

### B. Kegiatan Belajar

#### 1. Kegiatan belajar 1

##### a. Tujuan kegiatan pembelajaran 1

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan cara mengkalibrasi neraca
- Mengkalibrasi neraca
- Berpartisipasi dalam mengkalibrasi neraca dengan benar, dan hati-hati

## **b. Uraian materi 1**

### **Neraca**

Setiap analisis kuantitatif terdiri dari empat tahapan pokok yaitu :

1. Sampling
2. Perubahan analit menjadi suatu bentuk yang sesuai untuk pengukuran
3. Pengukuran
4. Perhitungan dan penafsiran hasil pengukuran

Suatu analisis disebut gravimetri apabila tahap pengukuran dilakukan dengan cara penentuan berat. Jadi dalam analisis gravimetri tahap pengukurannya adalah penimbangan.

Untuk menimbang diperlukan neraca. Ada beberapa jenis neraca bergantung keperluannya. Dalam analisis gravimetri digunakan neraca analitik. Neraca merupakan alat yang penting dalam kimia analitik. Ada dua macam neraca yaitu neraca dua piring (neraca dengan lengan sama) dan neraca piring tunggal (neraca lengan tidak sama / neraca beban konstan).

Pada neraca dua piring, mula-mula ditentukan dahulu posisi kesetimbangan balok neraca (titik nol), kemudian benda/zat yang akan ditimbang diletakkan pada piring neraca kiri, dan anak timbangan pada piring neraca kanan sehingga jarum neraca kembali ke posisi asal. Anak timbangan atau batu timbangan 1 sampai 100 gram biasanya terbuat dari kuningan atau perunggu dan dilapisi dengan logam misalnya kromium. Sedangkan anak timbangan yang bobotnya kurang dari 1 gram biasanya dibuat dari aluminium. Anak-anak timbangan tersebut bila digunakan tidak boleh dipegang dengan menggunakan jari tetapi harus dipegang dengan menggunakan pinset.

Untuk analisis secara kuantitatif, dapat digunakan neraca kasar untuk berat sementara dan neraca analitik untuk berat yang lebih teliti sampai desimal keempat (persepuluhan miligram). Salah satu contoh neraca analitik adalah neraca ayun yang gambarnya dapat dilihat pada Gambar-1.



Gambar-1 Neraca Analitik Ayun

Menimbang dengan neraca analitik model neraca ayun memerlukan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Timbang benda/zat dengan neraca kasar
- (2) Tentukan titik nol neraca ( $a_0$ )
- (3) Tentukan titik kesetimbangan neraca isi ( $a_1$  dan  $a_2$ )
- (4) Hitung berat benda sebenarnya (BBS) dimana BBS-1 harus sama dengan BBS-2

***Menentukan  $a_0$  neraca (tanpa beban)***

$a_0$  ideal adalah 0,00. Neraca dalam keadaan tertutup dan datar diputar tombolnya. Amati skala ayunan jarum ke kiri dan ke kanan, biasanya tiga kali ke kiri dan dua kali ke kanan pada ayunan yang berurutan.

Contoh :ke kiri	ke kanan
ayunan 1      -4,7	ayunan 2      + 5,1

ayunan 3	-4,5	ayunan 4	+4,9
ayunan 5	-4,4		

$$a_0 = \frac{\text{rata - rata kiri} + \text{rata - rata kanan}}{2}$$

$$= \frac{\left(-\frac{13,6}{3}\right) + \left(\frac{10,0}{2}\right)}{2} = \frac{5,0 - 4,53}{2}$$

$$= 0,24$$

### **Menentukan $a_1$**

Objek yang akan ditimbang diletakkan pada piring neraca sebelah kiri dan anak timbangan diletakkan pada piring neraca sebelah kanan. Lihat kesetimbangan neraca. Bila jarum neraca bergerak melebihi skala kesetimbangan +10 atau -10 maka atur anting-anting misalnya pada + 1 mg ( $aa_1 = +1$  mg). Contoh ayunannya

ke kiri	ke kanan
-3,7	+6,4
-3,4	+6,1
-3,2	

$$a_1 = \frac{\left(-\frac{10,3}{3}\right) + \left(\frac{12,5}{2}\right)}{2} = \frac{6,25 - 3,43}{2}$$

$$= 1,41$$

### **Menentukan $a_2$**

Misalnya posisi anting-anting ke-2 digeser satu skala, berarti  $aa_2 = + 2$  mg. Lihat kesetimbangannya. Contoh ayunannya

ke kiri	ke kanan
-5,7	+1,4
-5,6	+1,2
-5,3	

$$a_1 = \frac{\left(-\frac{16,6}{3}\right) + \left(\frac{2,6}{2}\right)}{2} = \frac{1,3 - 5,53}{2}$$

$$= -2,12$$

### **Menentukan berat benda sebenarnya**

Dengan posisi  $a_2 < a_0 < a_1$ , benda atau zat diletakkan pada piring neraca sebelah kiri, dan anak timbangan pada piring neraca kanan, maka

$$BBS_1 = JAT_1 + \left(\frac{a_1 \rightarrow a_0}{a_1 \rightarrow a_2}\right) mg$$

*atau*

$$BBS_2 = JAT_2 + \left(\frac{a_2 \rightarrow a_0}{a_1 \rightarrow a_2}\right) mg$$

BBS<sub>1</sub> akan sama dengan BBS-2

JAT = Jumlah Anak Timbangan + mg posisi anting-anting

Rumus umum :

$$BBS_1 = JAT_1 \pm \left(\frac{a_1 - a_0}{a_1 - a_2}\right) mg$$

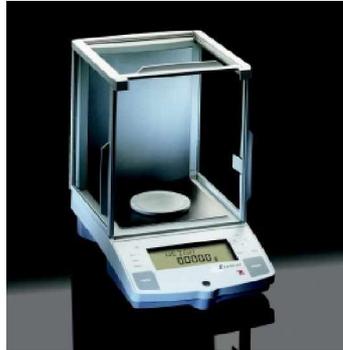
*atau*

$$BBS_2 = JAT_2 + \left(\frac{a_2 - a_0}{a_1 - a_2}\right) mg$$

Perlu diperhatikan bahwa sebelum anak timbangan digunakan, terlebih dahulu harus dikalibrasi atau ditera. Peneraan anak timbangan biasanya dilakukan setiap tahun. Peneraan ini dilakukan dengan membandingkannya dengan anak timbangan standar yang telah ditetapkan oleh Lembaga Peneraan Nasional. Jika tidak terdapat perangkat standar, maka anak timbangan itu dapat saling diterakan.

Pada saat ini selain neraca analitik ayun, dikenal juga neraca analitik elektronik dengan skala digital. Neraca ini menggunakan arus listrik,

dengan sistem bacaan optik yang dijalankan dengan listrik. Neraca analitik elektronik ini misalnya neraca dengan merk Mettler AJ 100 seperti ditunjukkan pada gambar-2 berikut.



Gambar-2 Neraca Analitik Merk Mettler Model AJ100

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menggunakan neraca analitik :

1. Bersihkan neraca sebelum dan sesudah menimbang
2. Jangan menimbang benda/zat yang lebih berat dari kapasitas neraca
3. Suhu benda yang akan ditimbang harus sama dengan suhu neraca
4. Jangan menaruh zat kimia langsung di atas piring neraca
5. Jangan meninggalkan neraca dalam keadaan hidup

### c. Rangkuman 1

- Analisis kuantitatif dilakukan melalui tahapan sampling, pengubahan analit menjadi bentuk dapat diukur, pengukuran, perhitungan dan penafsiran hasil pengukuran
- Tahap pengukuran pada analisis gravimetri dilakukan melalui penentuan berat melalui penimbangan dengan neraca.
- Ada dua jenis neraca yang digunakan dalam penimbangan yaitu neraca teknis dan neraca analitik. Salah satu diantara neraca analitik adalah neraca analitik ayun.
- Menimbang dengan neraca analitik ayun dilakukan melalui tahapan menentukan titik nol neraca ( $a_0$ ), titik kesetimbangan neraca isi ( $a_1$ )

dan  $a_2$ ), dan menghitung berat benda sebenarnya (BBS) dimana BBS-1 harus sama dengan BBS-2.

**d. Tugas 1**

1. Latihlah menggunakan neraca analitik ayun atau neraca analitik digital
2. Buatlah 100 mL larutan baku NaCl 0,1000 M

**e. Tes Formatif 1**

1. Bagaimana cara mengkalibrasi anak timbangan pada neraca analitik ayun ?
2. Data penimbangan dengan neraca ayun adalah sebagai berikut :

berat kasar = 4,2 gram

piring neraca kiri = benda yang ditimbang

piring neraca kanan = anak timbangan

Skala lengan neraca = -10 mg sampai +10 mg

Data ayunan :

Neraca kosong $aa_0 = 0$		Neraca isi			
		Anak timbangan = 3 g + 1 g + 300 mg + 20 mg + 10 mg			
		$aa_1 = +7$ mg		$aa_2 = +8$ mg	
kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kanan
- 1,5	+ 1,5	-1,1	+ 5,1	-0,9	+ 3,9
-1,0	+ 1,5	-1,0	+5,0	-0,4	+3,7
-0,9		-0,6		-0,3	

Tentukan  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  (satu desimal) dan berapa berat benda sebenarnya (empat desimal)

3. Buat enam kemungkinan titik kesetimbangan neraca bila ditinjau dari  $a_0$ ,  $a_1$ , dan  $a_2$ . Kemudian tuliskan cara penentuan BBS nya !

#### f. Kunci jawaban formatif 1

1. Membandingkan kesetaraan massa diantara anak timbangan misal pada piring kiri tertera 1 buah anak timbangan 10 mg harus setimbang dengan 5 mg + 2 mg + 1 mg + 1 mg + 1 mg yang disimpan pada piring kanan dst.
2.  $a_0 = +0,2$     $a_1 = +2,1$     $a_2 = +1,7$   
posisi  $a_0 < a_2 < a_1$  Berat benda : 4,3418 gram
3. Pada No. 2 didapat satu posisi kesetimbangan neraca yaitu  $a_0 < a_2 < a_1$  sehingga

$$BBS_1 = JAT_1 + \left( \frac{a_1 \rightarrow a_0}{a_1 \rightarrow a_2} \right) mg$$

atau

$$BBS_2 = JAT_2 + \left( \frac{a_2 \rightarrow a_0}{a_1 \rightarrow a_2} \right) mg$$

#### g. Lembar kerja 1

##### Percobaan 1

**Tujuan :** Menimbang zat dengan neraca analitik ayun

##### A. Pengantar

1. Periksa neraca yang akan digunakan agar perlengkapannya cukup dan kondisinya layak pakai.
2. Kelengkapan neraca terdiri dari timbangan di dalam lemarnya, kotak anak timbangan yang isinya adalah anak timbangan dengan satuan gm, mg, anting-anting dan pinset
3. Jika neracanya kotor harus dibersihkan dengan cara yang hati-hati dan seksama. Bersihkan plat datar, piring-piring dan lingkungannya.
4. Neraca harus berada pada posisi mendatar, hal itu dapat dilihat dari penyipat datar pada neraca. Agar neraca berada pada posisi

mendatar, aturlah dengan memutar skup penyetel yang ada di bawah plat datar lemari neraca.

## B. Tugas

Buatlah 100 mL larutan baku NaCl 0,1000 M

## C. Alat dan Bahan

- Neraca analitik ayun
- Anak timbangan
- Labu ukur 100 mL
- Botol timbang
- Sendok plastik atau porcelein
- Corong
- Pipet tetes
- Botol semprot
- Kertas saring
- Natrium klorida p.a. (pro analisis)
- Aquadest

## D. Cara Kerja

1. Timbang botol timbang kosong dengan ketelitian berat sampai desimal keempat

Caranya sebagai berikut :

- a. Menentukan  $a_0$  neraca (tanpa beban)

ke kiri		ke kanan	
ayunan ke 1	- ...	ayunan ke 2	+ ...
ayunan ke 3	- ...	ayunan ke 4	+ ...
ayunan ke 5	- ...		

$a_0 = \dots\dots\dots$

- b. Menentukan  $a_1$  (Misalnya berat botol timbang = 7,234 g dan beban 7,234 g)

ke kiri		ke kanan	
ayunan ke 1	- ...	ayunan ke 2	+ ...
ayunan ke 3	- ...	ayunan ke 4	+ ...
ayunan ke 5	- ...		

$$a_1 = \dots\dots\dots$$

- c. Menentukan  $a_2$  (anting-anting misalnya digeser satu skala, sehingga beban = 7,235 g)

	ke kiri		ke kanan
ayunan ke 1	- ...	ayunan ke 2	+ ...
ayunan ke 3	- ...	ayunan ke 4	+ ...
ayunan ke 5	- ...		

$$a_2 = \dots\dots\dots$$

- e. Menentukan desimal keempat =  $\frac{a_1 - a_0}{a_1 - a_2} \times 1 \text{ mg} = x \text{ gram}$   
 Berat botol timbang kosong = 7,234 + x gram

2. Menghitung berat NaCl yang harus ditimbang ( $M_r \text{ NaCl} = 58,5$ ). Untuk membuat 100 mL larutan NaCl 0,1 M harus menimbang :

$$\frac{100}{1000} \times 0,1 \times 58,5 \text{ gram} = 0,585 \text{ gram}$$

3. Isi botol timbang dengan NaCl yang harus ditimbang yang beratnya kira-kira 0,600 g (menggunakan neraca teknis)
4. Timbang dengan neraca analitik botol timbang yang telah diisi NaCl (pada langkah ketiga), dengan langkah-langkah seperti pada D 1.a, 1.b, 1.c, dan 1.d, yaitu menentukan  $a_0$  tanpa beban,  $a_1$  dan  $a_2$  dengan beban botol timbang yang diisi NaCl itu, maka akan didapat berat NaCl dan botol timbang dengan ketelitian sampai desimal keempat dan juga berat NaCl-nya saja.
5. NaCl dalam botol timbang itu di masukkan ke dalam labu ukur 100 mL secara kuantitatif dan labu ukur diisi aquadest sampai tanda batas.
6. Hitung kemolaran NaCl yang telah dibuat itu dan pasanglah label bertuliskan NaCl dengan mencantumkan kemolarannya pad botol penyimpan larutan itu.

## 2. Kegiatan Belajar 2

### a. Tujuan kegiatan belajar 2

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan makna reaksi kesetimbangan
- Menentukan kadar spesi dalam kesetimbangan kelarutan
- Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan
- Mau berpartisipasi dalam latihan penyelesaian soal

### b. Uraian materi 2

#### Kesetimbangan Kelarutan

Zat ada yang mudah larut dan ada yang sukar larut. Kelarutan suatu zat adalah jumlah zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu. Jumlah zat dinyatakan dalam mol atau gram. Jadi kelarutan molar suatu zat adalah jumlah mol zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu.

Larutan jenuh suatu garam yang juga mengandung garam tersebut yang tidak terlarut merupakan suatu kesetimbangan dimana hukum aksi massa dapat diberlakukan. Misalnya bila endapan perak klorida ada dalam kesetimbangan dengan larutan jenuhnya, maka terjadi kesetimbangan berikut



Ini merupakan kesetimbangan heterogen karena AgCl ada dalam fase padat, sedangkan ion  $\text{Ag}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  ada dalam fase terlarut. Tetapan kesetimbangannya dapat ditulis

$$K = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{AgCl}]}$$

Konsentrasi AgCl dalam fase padat tidak berubah, maka dapat dimasukkan ke dalam suatu tetapan baru yaitu  $K_{sp}$  (tetapan hasilkali kelarutan atau *solubility product constant*).

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

Contoh 1 :

Kelarutan perak kromat adalah 0,0279 g/L pada 25 °C. Hitunglah  $K_{sp}$  dengan mengabaikan hidrolisis ion kromat.

$$M_r \text{Ag}_2\text{CrO}_4 = (2 \times 108) + (52) + (4 \times 16) = 332$$

$$\text{Molaritas Ag}_2\text{CrO}_4 = \frac{0,0279 \text{ g/L}}{332 \text{ g/mol}} = 8,4 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$



Karena tiap  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  menghasilkan 2 ion  $\text{Ag}^+$  dan 1 ion  $\text{CrO}_4^{2-}$ , maka

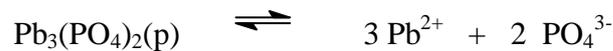
$$[\text{Ag}^+] = 2 \times 8,4 \times 10^{-5} = 1,7 \times 10^{-4}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 8,4 \times 10^{-5}, \text{ maka}$$

$$\begin{aligned} K_{sp} &= [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] \\ &= (1,7 \times 10^{-4})^2 (8,4 \times 10^{-5}) \\ &= 2,4 \times 10^{-12} \end{aligned}$$

Contoh 2 :

Hasilkali kelarutan timbal fosfat adalah  $1,5 \times 10^{-32}$ . Hitunglah konsentrasi larutan jenuh dalam satuan g/L.



Bila  $S$  adalah kelarutan (dalam mol/L), maka

$$[\text{Pb}^{2+}] = 3S$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = 2S$$

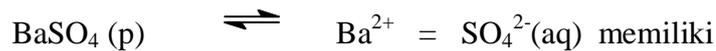
$$\begin{aligned} K_{sp} &= [\text{Pb}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2 \\ 1,5 \times 10^{-32} &= (3S)^3 (2S)^2 = 108 S^5 \end{aligned}$$

$$S = \sqrt[5]{\frac{1,5 \times 10^{-32}}{108}} = \sqrt[5]{1,39 \times 10^{-34}} = 1,69 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$M_r = \text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2 = (3 \times 207) + (2 \times 31) + (8 \times 16) = 811$$

$$\text{Jadi zat yang larut/L} = 1,69 \times 10^{-7} \times 811 \text{ g} = 1,37 \times 10^{-4} \text{ g}$$

Untuk  $\text{BaSO}_4$  dengan kesetimbangan



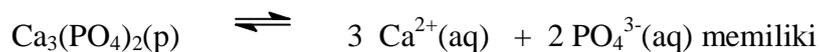
$$K_{\text{sp}} = [\text{Ba}^{2+}] [\text{SO}_4^{2-}]$$

Untuk  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dengan kesetimbangan



$$K_{\text{sp}} = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

Untuk  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dengan kesetimbangan



$$K_{\text{sp}} = [\text{Ca}^{2+}]^3 [\text{PO}_4^{3-}]^2$$

Berdasarkan contoh-contoh di atas dapat dikatakan bahwa tetapan hasilkali kelarutan ( $K_{\text{sp}}$ ) adalah hasil kali konsentrasi ion-ion yang terdapat dalam kesetimbangan dipangkatkan koefisiennya. Secara umum dinyatakan



$$K_{\text{sp}} = [\text{A}^{3+}]^2 [\text{B}^{2-}]^3$$

Harga  $K_{\text{sp}}$  pada suhu tetap selalu tetap dan konsentrasinya dinyatakan dalam molar (mol per liter). Besarnya hasilkali kelarutan ( $K_{\text{sp}}$ ) dapat dihitung dari kelarutannya, sebaliknya kelarutan senyawa dapat dihitung dari harga  $K_{\text{sp}}$ -nya.

Apabila hasil kali konsentrasi ion-ion dalam larutan dinyatakan dengan Q (Quotient reaksi), maka berlaku aturan

$Q > K_{sp}$  , maka ion-ion akan mengendap

$Q = K_{sp}$  , maka ion-ion berada dalam keadaan jenuh atau tepat saat akan mulai terbentuk endapan

$Q < K_{sp}$ , maka ion-ion berada dalam larutan atau tidak mengendap

Makin kecil harga  $K_{sp}$  , maka zat tersebut makin sukar larut.

### Contoh 3

Kalsium florida mempunyai  $K_{sp}$  sebesar  $3,2 \times 10^{-11}$ . Ramalkan apakah terbentuk endapan atau tidak, bila larutan berikut dicampurkan

- 100 mL  $\text{Ca}^{2+}$   $2,0 \times 10^{-4}$  M ditambahkan pada 100 mL  $\text{F}^-$   $2,0 \times 10^{-4}$  M
- 100 mL  $\text{Ca}^{2+}$   $2,0 \times 10^{-2}$  M ditambahkan pada 100 mL  $\text{F}^-$   $6,0 \times 10^{-3}$  M



Penyelesaian untuk

- $[\text{Ca}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-4}$  M  
 $[\text{F}^-] = 1,0 \times 10^{-4}$  M

$$\begin{aligned} [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^-]^2 &= (1,0 \times 10^{-4}) (1,0 \times 10^{-4})^2 = 1,0 \times 10^{-12} \\ 1,0 \times 10^{-12} &< 3,2 \times 10^{-11} \\ Q &< K_{sp} \end{aligned}$$

Karena itu ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang bercampur dengan  $\text{F}^-$  tidak mengendap

- $[\text{Ca}^{2+}] = 1,0 \times 10^{-2}$  M  
 $[\text{F}^-] = 3,0 \times 10^{-3}$  M

$$[\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^-]^2 = (1,0 \times 10^{-2}) (1,0 \times 10^{-3})^2 = 9,0 \times 10^{-8}$$

$$9,0 \times 10^{-8} > 3,2 \times 10^{-11}$$

$$Q > K_{sp}$$

Karena itu ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang bercampur dengan  $\text{F}^-$  membentuk mengendap  $\text{CaF}_2$ .

#### Contoh 4

Diketahui harga  $K_{sp}$  untuk  $\text{CdS}(\text{p})$  adalah  $1,0 \times 10^{-27}$

d. Berapa  $[\text{S}^{2-}]$  yang berada dalam kesetimbangan dengan  $[\text{Cd}^{2+}] 0,01 \text{ M}$  ?

e. Jika  $[\text{Cd}^{2+}] = 0,01 \text{ M}$  dan  $[\text{S}^{2-}] = 10^{-21} \text{ M}$ , apakah endapan  $\text{CdS}$  akan terbentuk ?

Reaksi kesetimbangannya adalah



Untuk soal

$$\text{a. } K_{sp} = [\text{Cd}^{2+}] [\text{S}^{2-}]$$

$$1,0 \times 10^{-27} = (1,0 \times 10^{-2}) [\text{S}^{2-}]$$

$$\text{Jadi } [\text{S}^{2-}] = \frac{1,0 \times 10^{-27}}{1,0 \times 10^{-2}} = 1,0 \times 10^{-25} \text{ mol/L}$$

$$\text{b. } K_{sp} = [\text{Cd}^{2+}] [\text{S}^{2-}]$$

$$= (1,0 \times 10^{-2}) (10^{-21})$$

$$= 1,0 \times 10^{-23}$$

Ternyata hasil kali  $[\text{Cd}^{2+}] [\text{S}^{2-}] > 1,0 \times 10^{-27}$  ( $K_{sp}$ ), maka dalam larutan tersebut terjadi pembentukan endapan  $\text{CdS}$ .

Tabel 1  
Hasilkali Kelarutan Endapan-endapan pada Suhu Kamar

Zat	Hasilkali kelarutan	Zat	Hasilkali Kelarutan
AgBr	$7,7 \times 10^{-13}$	FeS	$4,0 \times 10^{-19}$
AgBrO <sub>3</sub>	$5,0 \times 10^{-5}$	Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	$5,2 \times 10^{-23}$
AgSCN	$1,2 \times 10^{-12}$	Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	$3,5 \times 10^{-18}$
AgCl	$1,5 \times 10^{-10}$	Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	$1,2 \times 10^{-28}$
Ag <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,0 \times 10^{-12}$	Hg <sub>2</sub> S	$1 \times 10^{-45}$
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	$2,4 \times 10^{-12}$	HgS	$4 \times 10^{-34}$
AgI	$0,9 \times 10^{-16}$	K <sub>2</sub> [PtCl <sub>2</sub> ]	$1,1 \times 10^{-5}$
AgIO <sub>3</sub>	$2,0 \times 10^{-8}$	MgCO <sub>3</sub>	$1,0 \times 10^{-5}$
Ag <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	$1,8 \times 10^{-18}$	MgC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$8,6 \times 10^{-5}$
Ag <sub>2</sub> S	$1,6 \times 10^{-49}$	MgF <sub>2</sub>	$7,0 \times 10^{-9}$
Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$7,7 \times 10^{-5}$	Mg(NH <sub>4</sub> )PO <sub>4</sub>	$2,5 \times 10^{-13}$
Al(OH) <sub>3</sub>	$8,5 \times 10^{-23}$	Mg(OH) <sub>2</sub>	$3,4 \times 10^{-11}$
BaCO <sub>3</sub>	$8,1 \times 10^{-9}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$4,0 \times 10^{-14}$
BaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$1,7 \times 10^{-7}$	MnS	$1,4 \times 10^{-15}$
BaCrO <sub>4</sub>	$1,6 \times 10^{-10}$	Ni(OH) <sub>2</sub>	$8,7 \times 10^{-19}$
BaSO <sub>4</sub>	$9,2 \times 10^{-11}$	NiS	$1,4 \times 10^{-24}$
Bi <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	$1,6 \times 10^{-72}$	PbBr <sub>2</sub>	$7,9 \times 10^{-5}$
CaCO <sub>3</sub>	$4,8 \times 10^{-9}$	PbCl <sub>2</sub>	$2,4 \times 10^{-4}$
CaC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$2,6 \times 10^{-9}$	PbCO <sub>3</sub>	$3,3 \times 10^{-14}$
CaF <sub>2</sub>	$3,2 \times 10^{-11}$	PbCrO <sub>4</sub>	$1,8 \times 10^{-14}$
CaSO <sub>4</sub>	$2,3 \times 10^{-4}$	PbF <sub>2</sub>	$3,7 \times 10^{-8}$
CdS	$1,4 \times 10^{-28}$	PbI <sub>2</sub>	$8,7 \times 10^{-9}$
Co(OH) <sub>2</sub>	$1,6 \times 10^{-18}$	Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	$1,5 \times 10^{-32}$
Co(OH) <sub>3</sub>	$2,5 \times 10^{-43}$	PbS	$5 \times 10^{-29}$
CoS	$3 \times 10^{-26}$	PbSO <sub>4</sub>	$2,2 \times 10^{-8}$
Cr(OH) <sub>3</sub>	$2,9 \times 10^{-29}$	SrCO <sub>3</sub>	$1,6 \times 10^{-9}$
CuBr	$1,6 \times 10^{-11}$	SrC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	$5,0 \times 10^{-8}$
CuCl	$1,0 \times 10^{-6}$	SrSO <sub>4</sub>	$2,8 \times 10^{-7}$
CuI	$5,0 \times 10^{-12}$	TiCl	$1,5 \times 10^{-4}$
CuS	$1 \times 10^{-44}$	TII	$2,8 \times 10^{-8}$
Cu <sub>2</sub> S	$2 \times 10^{-47}$	Tl <sub>2</sub> S	$1 \times 10^{-22}$
CuSCN	$1,6 \times 10^{-11}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$1 \times 10^{-17}$
Fe(OH) <sub>2</sub>	$4,8 \times 10^{-16}$	ZnS	$1 \times 10^{-23}$
Fe(OH) <sub>3</sub>	$3,8 \times 10^{-38}$		

Dimensi hasilkali kelarutan adalah  $(\text{mol L}^{-1})^{v_A + v_B}$ , maka konsentrasi masing-masing ion selalu dinyatakan dengan satuan  $\text{mol L}^{-1}$ .

### ***Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kelarutan Endapan***

#### **a. Suhu**

Pada umumnya endapan garam anorganik yang dijumpai dalam analisis kuantitatif kelarutannya meningkat dengan bertambahnya suhu. Fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk proses titrasi pengendapan dan proses pencucian dengan larutan yang panas, dengan keuntungan berupa dihasilkannya partikel-partikel endapan yang besar, cepatnya proses

penyaringan dan mudah larutnya kotoran yang tercampur pada endapan. Keuntungan ini sangat bermanfaat pada endapan yang cukup stabil pada suhu tinggi, tetapi pada endapan yang mudah larut, seperti magnesium amonium fosfat,  $\text{PbSO}_4$ , dan  $\text{AgCl}$  hal ini tidak bermanfaat, sehingga sebelum proses penyaringan larutannya harus didinginkan dalam air es terlebih dahulu. Misalnya pada pemisahan timbal klorida dari perak dan raksa (I) klorida dapat dilakukan dengan cara pemanasan. Garam timbal akan larut pada suhu yang dinaikkan, sedangkan garam lain tetap berada dalam bentuk endapannya.

### **b. Pelarut**

Kebanyakan garam anorganik lebih larut dalam air daripada dalam pelarut organik. Fenomena ini dapat dimanfaatkan oleh seorang analis untuk memisahkan dua macam zat yang dalam air sama-sama cukup larut. Sebagai contoh pemisahan  $\text{PbSO}_4(\text{aq})$  dan  $\text{CaSO}_4(\text{aq})$  dapat dilakukan secara kuantitatif dengan larutan etanol 20%,  $\text{CaSO}_4$  larut sedangkan  $\text{PbSO}_4$  mengendap. Contoh lain  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$  dengan  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$  dapat dipisahkan dalam pelarut berupa campuran alkohol dan eter,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  larut sedangkan  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  mengendap.

### **c. Ion Senama**

Suatu endapan biasanya lebih alrut dalam air murni dibandingkan dalam sebuah larutan yang mengandung salah satu ion dari endapan. Sebagai contoh penambahan larutan  $\text{NaF}$  0,01 mol ke dalam larutan jenuh  $\text{CaF}_2$  akan mengendapkan  $\text{CaF}_2$ , hal ini disebabkan bergesernya arah kesetimbangan :



Ke arah kiri akibat bertambahnya konsentrasi ion  $\text{F}^-$ .

Jadi secara singkat dapat dikatakan bahwa “penambahan ion senama” menyebabkan berkurangnya kelarutan suatu senyawa. Pengaruh ion senama terhadap kelarutan suatu endapan ditunjukkan dalam perhitungan-perhitungan berikut.

### Contoh 5

Hitung kelarutan (mol/L)  $\text{CaF}_2$  dalam

- a) Air
- b)  $\text{CaCl}_2$  0,010 M
- c)  $\text{NaF}$  0,010 M

Jika diketahui  $K_{sp} \text{CaF}_2 = 4 \times 10^{-11}$

### Penyelesaian

Kesetimbangan yang terjadi



- a) Misal kelarutan molar  $\text{CaF}_2 = x$  mol/L

maka  $[\text{Ca}^{2+}] = x$  dan  $[\text{F}^{-}] = 2x$

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^{-}]^2$$

$$4 \times 10^{-11} = (x) (2x)^2$$

$$x^3 = 10^{-11}$$

$$x = 2,15 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

- b) Dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,010 M kesetimbangan massa adalah ;

$$[\text{Ca}^{2+}] = 0,010 + x \text{ dan } [\text{F}^{-}] = 2x$$

sehingga

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^{-}]^2$$

$$4 \times 10^{-11} = (0,010 + y) (2x)^2$$

karena  $x \ll 0,010$ , maka persamaan menjadi

$$4 \times 10^{-11} = (0,010) (4x^2)$$

$$4 x^2 = 4 \times 10^{-9}$$

$$x = 3,2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

c) Dalam larutan NaF 0,010 M kesetimbangan massa adalah ;

$$[\text{Ca}^{2+}] = x \text{ dan } [\text{F}^-] = 0,010 + 2x$$

sehingga

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^-]^2$$

$$4 \times 10^{-11} = (0,010) (0,010 + 2x)^2$$

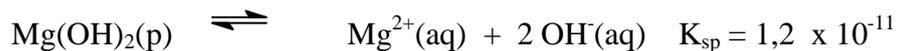
karena  $2x \ll 0,010$ , maka persamaan menjadi

$$4 \times 10^{-11} = (x) (0,010)^2$$

$$x = 4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

#### d. Pengaruh pH

Gejala pengaruh ion sejenis dapat dipakai untuk menerangkan mengapa pH berpengaruh pada kelarutan suatu zat. Sebagai contoh dapat dilihat pada kesetimbangan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  berikut



Jika endapan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  berkesetimbangan dengan larutan yang disangga (dibuat buffer) pada pH = 12, maka pOH = 2

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2}$$

$$K_{sp} = [\text{Mg}^{2+}] [\text{OH}^-]^2$$

$$1,2 \times 10^{-11} = [\text{Mg}^{2+}] [10^{-2}]^2$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = \frac{1,2 \times 10^{-11}}{10^{-4}}$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = 1,2 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

Padahal kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  dalam pelarut air =  $1,44 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ . Jadi pada larutan basa kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  jauh lebih kecil.

Apabila  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  berkesetimbangan dengan larutan yang dibuat asam, maka kelarutan  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  akan lebih besar, hal ini sesuai dengan pergeseran kesetimbangan kelarutan ke kanan sebagai akibat pengurangan  $[\text{OH}^-]$ .

#### e. Terbentuknya Ion Kompleks

Kelarutan suatu garam (yang sedikit larut) juga bergantung pada konsentrasi dari zat-zat yang dapat membentuk kompleks dengan kation garam. Pembentukan kompleks akan mengurangi konsentrasi konsentrasi ion logam bebasnya dalam larutan, sehingga endapan dari logam akan melarut kembali untuk menggantikan kation yang hilang sampai  $K_{sp}$  garam tersebut terlepas.

#### c. Rangkuman 2

- Kelarutan suatu zat menyatakan jumlah zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu yang dinyatakan dalam mol atau gram.
- Kelarutan molar suatu zat menyatakan jumlah mol zat yang melarut dalam satu liter larutan jenuh pada suhu tertentu.
- Zat yang sedikit larut memiliki kesetimbangan yang disebut  $K_{sp}$  (tetapan hasil kali kelarutan = *solubility product*).
- $K_{sp}$  dinyatakan dengan hasil kali konsentrasi ion-ion yang terdapat dalam kesetimbangan dipangkatkan koefisiennya.
- Konsentrasi ion-ion dalam larutan dinyatakan dengan Q (Quotient reaksi)
- $Q > K_{sp}$  , ion-ion akan mengendap  
 $Q = K_{sp}$  , ion-ion berada dalam keadaan tepat jenuh  
 $Q < K_{sp}$ , ion-ion berada dalam larutan
- Kelarutan zat yang sukar larut dipengaruhi oleh suhu, pelarut, ion senama, pH, dan pembentukan ion kompleks

#### d. Tugas 2

Diskusikan dengan temanmu tentang cara menyatakan hasil kali kelarutan ( $K_{sp}$ ) untuk senyawa-senyawa berikut !

- (a) AgBr
- (b) PbCl<sub>2</sub>
- (c) Ag<sub>2</sub>S
- (d) Ba<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>
- (e) NgNH<sub>4</sub>AsO<sub>4</sub>

#### e. Tes formatif 2

1. Hitung hasil kali kelarutan senyawa-senyawa berikut berdasarkan kelarutannya

- (a) CaCO<sub>3</sub>, 6,9 x 10<sup>-3</sup> g L<sup>-1</sup>
- (b) AgBr, 5,7 x 10<sup>-7</sup> g L<sup>-1</sup>
- (c) PbF<sub>2</sub>, 2,1 x 10<sup>-3</sup> g L<sup>-1</sup>
- (d) Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, 4,3 x 10<sup>-2</sup> g L<sup>-1</sup>

2. Ramalkan manakah senyawa-senyawa di bawah ini yang akan mengendap dan mana yang tidak !

- (a) CaCO<sub>3</sub>, jika [Ca<sup>2+</sup>] = 0,003 M; [CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>] 0,003 M  
 $K_{sp} = 4,8 \times 10^{-9}$
- (b) CaHPO<sub>4</sub>, jika [Ca<sup>2+</sup>] = 0,01 M; [HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] = 2 × 10<sup>-6</sup> M  
 $K_{sp} = 5 \times 10^{-6}$
- (c) Ag<sub>2</sub>S, jika [Ag<sup>+</sup>] = 1 × 10<sup>-10</sup> M, [S<sup>2-</sup>] = 1 × 10<sup>-13</sup> M  
 $K_{sp} = 8 \times 10^{-58}$
- (d) Co(OH)<sub>2</sub>, jika [Co<sup>2+</sup>] = 0,01 M, [OH<sup>-</sup>] = 1 × 10<sup>-7</sup> M  
 $K_{sp} = 2 \times 10^{-16}$

3. Dalam suatu eksperimen endapan  $\text{BaSO}_4$  ( $K_{sp} = 1,08 \times 10^{-10}$ ) dibilas dengan 0,100 L aquadest . Pada eksperimen lain dibilas dengan 0,100 L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,01 M. Hitung jumlah  $\text{BaSO}_4$  yang larut pada masing-masing eksperimen , diasumsikan bahwa cairan pembilas menjadi jenuh oleh  $\text{BaSO}_4$ .

**f. Kunci jawaban formatif 2**

- (a)  $4,8 \times 10^{-9}$   
(b)  $3,2 \times 10^{-13}$   
(c)  $3,7 \times 10^{-8}$   
(d)  $8,7 \times 10^{-12}$
- (a) mengendap; (b) tidak mengendap, (c) mengendap  
(d) tidak mengendap
- $1,04 \times 10^{-6}$  mol dan  $1,08 \times 10^{-9}$  mol

### 3. Pembelajaran 3

#### a. Tujuan pembelajaran 3

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan prinsip-prinsip gravimetri
- Teknik melakukan analisis gravimetri
- Menentukan kelarutan suatu zat
- Berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kelarutan zat dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati

#### b. Uraian materi 3

##### **Prinsip Gravimetri**

Sebelumnya sudah dikemukakan bahwa gravimetri merupakan analisis kuantitatif yang menggunakan massa atau berat sebagai langkah utama dalam menganalisisnya.

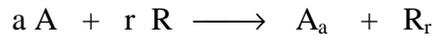
Pada dasarnya gravimetri dapat dilakukan melalui tiga cara yaitu cara penguapan, cara elektrolisis, dan cara pengendapan. Pada modul ini hanya dua yang akan dibahas yaitu cara penguapan dan cara pengendapan. Tetapi yang lebih banyak dibahas adalah cara pengendapan.

##### ***Gravimetri cara penguapan***

Pada cara ini komponen-komponen yang tidak diinginkan, dihilangkan sebagai uap. Uap ini jika tidak diperlukan dibiarkan hilang begitu saja dalam udara dan zat yang tertinggal ditentukan beratnya. Jika uap tersebut diperlukan, maka uap tersebut dialirkan ke dalam zat penyerap yang sebelumnya telah ditentukan beratnya. Dari penambahan berat dapat ditentukan jumlah uap tersebut. Contoh aplikasi metode ini adalah penentuan kadar air (air kristal atau air yang ada dalam suatu bahan).

### ***Gravimetri Cara Pengendapan***

Pada cara ini komponen-komponen yang diinginkan diubah bentuknya menjadi bentuk yang sukar larut. Bentuk ini kemudian harus dapat dipisahkan secara sempurna. Dasar reaksinya adalah sebagai berikut :



dimana a molekul analit bereaksi dengan r molekul R menghasilkan  $A_aR_r$

Secara umum langkah-langkah analisis gravimetri cara pengendapan adalah sebagai berikut :

- a. Sampel atau cuplikan ditimbang dengan teliti dan dilarutkan dalam pelarut agar terjadi endapan
- b. Ditambahkan pereaksi agar terjadi endapan
- c. memisahkan endapan yang terbentuk
- d. Memurnikan atau membersihkan endapan
- e. Menimbang endapan sesudah dikeringkan
- f. Menghitung hasil analisis

Komponen yang ditentukan dapat dihitung dari berat endapan dengan menggunakan *faktor gravimetri* atau *faktor kimia*.

$$\% A = \frac{\text{berat P} \times \text{faktor gravimetri}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

A = analit dan P = endapan

Faktor gravimetri adalah :

$$\frac{A_r \text{ atau } M_r \text{ yang dicari}}{M_r \text{ endapan yang ditimbang}}$$

$A_r$  = massa atom relatif       $M_r$  = massa molekul relatif

Banyaknya atom atau molekul pada pembilang dan penyebut dalam faktor gravimetri harus ekuivalen.

Tabel-1

Beberapa Contoh Faktor Gravimetri

Senyawa yang ditimbang	Senyawa / unsur yang dicari	Faktor gravimetri
AgCl	Cl	$\frac{Cl}{AgCl}$
CuO	Cu	$\frac{Cu}{CuO}$
Mg <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	P	$\frac{2 P}{Mg_2P_2O_7}$
	MgO	$\frac{2 MgO}{Mg_2P_2O_7}$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	$\frac{2 Fe}{Fe_2O_3}$
	FeO	$\frac{2 FeO}{Fe_2O_3}$
BaSO <sub>4</sub>	Ba	$\frac{Ba}{BaSO_4}$

Contoh 1 :

Suatu sampel batuan fosfat seberat 0,5428 gram, fosfor diendapkan sebagai MgNH<sub>4</sub>PO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O dan dipanggang menjadi Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Jika berat endapan panggang adalah 0,2234 gram, hitunglah persentase P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dalam sampel.

Penyelesaian :

$$\% P_2O_5 = \frac{\text{berat endapan} \times \text{faktor gravimetri}}{\text{berat sampel}} \times 100$$

$$= \frac{0,2234 \text{ g} \times \left( \frac{P_2O_5}{M_{g_2P_2O_7}} \right)}{0,5428} \times 100$$

$$= 26,25 \text{ g}$$

Dalam analisis gravimetri, endapan yang terbentuk akan dipijarkan. Pada waktu pemijaran beberapa endapan mungkin masih melangsungkan reaksi, maka yang diperhatikan bukan hanya senyawa yang diendapkan tetapi dilihat juga senyawa yang akan ditimbangnya.

a. *Syarat bentuk senyawa yang diendapkan*

- Kelarutannya harus rendah
- Endapan yang terbentuk mudah disaring dan dicuci
- Endapan harus mudah diubah menjadi bentuk senyawa yang ditimbang

b. *Syarat bentuk senyawa yang ditimbang*

- Stoikiometri
- Mempunyai kestabilan yang tinggi
- Faktor gravimetrinya kecil

Sebagai pereaksi pengendap dapat digunakan senyawa anorganik maupun senyawa organik. Contoh  $\text{NH}_4\text{OH}$  untuk mengendapkan besi, dimetilglioksim untuk mengendapkan nikel.

### ***Pembentukan endapan***

Masalah utama dalam analisis gravimetri adalah pembentukan endapan yang murni dan mudah disaring. Proses pengendapan dilukiskan sebagai berikut :

ion dalam larutan  $\longrightarrow$  Partikel koloid  $\longrightarrow$

Pengendapan

$(10^{-8} \text{ cm})$

$(10^{-7} - 10^{-4} \text{ cm})$

$(> 10^{-4} \text{ cm})$

Adapun ukuran partikel ditentukan oleh nukleasi dan pembentukan nukleus.

Tahap-tahap pembentukan endapan :

1. Pengelompokan ion
2. Pembentukan partikel yang sangat kecil (inti endapan) menuju terjadinya nukleasi
3. Pembentukan endapan yang makroskopik

Beberapa hal yang perlu diperhatikan agar diperoleh endapan yang baik.

1. Pengendapan dilakukan dalam larutan encer
2. Pereaksi pengendap ditambahkan perlahan-lahan sambil diaduk
3. Pengendapan dilakukan dalam larutan panas
4. Pengendapan dilakukan pada pH dekat daerah pH dimana endapan terjadi secara kuantitatif
5. Endapan *didigest* (dipanaskan dalam larutan = *warmed in the solution*).

### ***Kontaminasi Endapan***

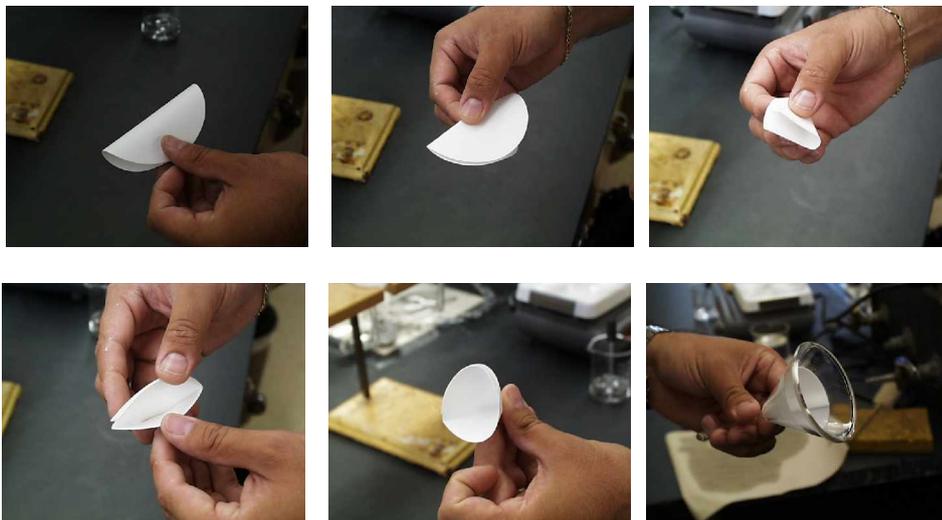
Endapan yang terbentuk tidak selalu murni. Kontaminasi endapan dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu *kopresipitasi* (kontaminasi endapan oleh zat lain yang larut dalam pelarut) dan *postpresipitasi* (terjadinya endapan kedua pada permukaan endapan pertama).

*Kopresipitasi* dapat dibagi lagi menjadi *adsorpsi* permukaan dan *oklusi*. *Adsorpsi* permukaan terjadi jika endapan mempunyai permukaan yang luas, sedangkan *oklusi* terjadi karena zat-zat asing masuk ke dalam kristal pada proses pertumbuhan kristal.

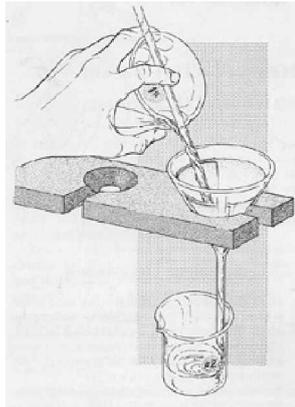
### ***Menyaring dan mencuci Endapan***

Endapan yang disaring perlu dicuci untuk menghilangkan larutan induk yang menguap dan zat-zat pengotor yang mudah larut. Landasan pemilihan zat pencuci adalah :

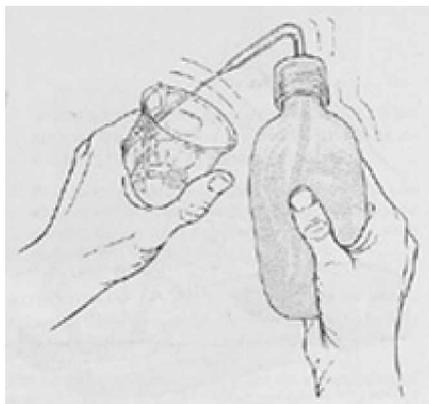
1. Dapat melarutkan zat pengotor dengan baik tetapi hampir tidak melarutkan endapan
2. Dapat mencegah terjadinya *peptisasi/pengendapan halus* pada waktu pencucian
3. Tidak mengandung garam yang tidak dapat menguap jika endapan dipijarkan
4. Endapan yang terjadi dapat disaring dengan kertas saring bebas abu, cawan penyaring dengan asbes atau penyaring gelas. Cara menggunakan kertas saring dan cara mencucinya diperlihatkan pada gambar-3, 4, dan 5 berikut.



Gambar-3 Tahapan melipat (*folding*) kertas saring hingga memasang pada corong



Gambar-4 Teknik penyaringan dengan kertas saring



Gambar-5 Penggunaan botol cuci dalam memindahkan endapan

### ***Pengeringan dan Pemanasan Endapan***

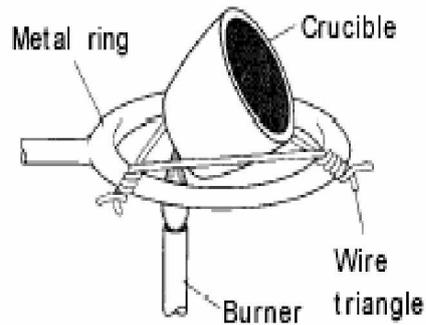
Endapan yang telah disaring dan dicuci kemudian dikeringkan, diabukan dan dipijarkan sampai beratnya konstan. Pengeringan endapan bertujuan untuk menghilangkan air dan zat yang mudah menguap, sedangkan tujuan pemijaran untuk merubah endapan itu ke dalam suatu senyawa kimia yang rumusnya diketahui dengan pasti.

### ***Alat-alat Gravimetri***

Beberapa alat yang biasa digunakan dalam melakukan analisis gravimetri antara lain krus porselen dan desikator.

#### ***1. Krus porselen***

Krus porselen bentuk dan ukurannya bermacam-macam; digunakan untuk memijarkan zat, misalnya pada analisis gravimetri. Bila dipijarkan krus ditempatkan pada segitiga porselen di atas kaki tiga (Gambar 6), dan untuk memegang krus penjepit krus (Gambar 7). Selain krus porselen terdapat juga krus platina (Gambar 8).



Gambar-6 Pemanggangan Endapan dalam Krus

Metal ring = ring logam; Crucible = krus; Burner = pembakar; wire triangle = kawat segitiga (biasanya segitiga porselen)



Gambar 7 Penjepit Krus



Gambar 8 Krus platina

## 2. Desikator

Desikator ada yang terbuat dari gelas dan ada yang terbuat dari logam aluminium.

- d. yang terbuat dari gelas (Gambar 9), garis tengannya permukaannya  $\pm 15$  cm, mempunyai tutup dan lapisan berlubang-lubang untuk menempatkan cawan porselen. Zat pengering yang ditempatkan dalam desikator logam adalah silika gel. Digunakan untuk menyimpan cawan porselen sewaktu dilakukan pemijaran dan penimbangan.
- e. yang terbuat dari logam aluminium, disebut juga eksikator. Bentuk dan ukurannya bermacam-macam. Di dalamnya terdapat lempeng porselen yang berlubang-lubang untuk menyimpan cawan porselen atau tempat lain yang diisi dengan zat yang akan dikeringkan. Di bawah porselen berlubang ditempatkan zat pengering, misalnya asam sulfat pekat, kalsium oksida atau silika gel.



(a)



(b)

Gambar 9 Desikator

(a) penyimpan krus berlubang besar, (b) penyimpan krus berlubang kecil

### c. Rangkuman 3

- Gravimetri dilakukan melalui tiga cara yaitu cara penguapan, cara elektrolisis, dan cara pengendapan.
- Gravimetri cara penguapan yaitu cara menghilangkan komponen-komponen yang tidak diinginkan diubah dalam bentuk uap kemudian ditangkap zat penyerap yang telah ditentukan beratnya. Cara ini dipakai untuk penentuan kadar air.
- Gravimetri cara pengendapan yaitu cara dimana komponen-komponen yang diinginkan diubah bentuknya menjadi bentuk yang sukar larut.
- Langkah-langkah analisis gravimetri terdiri dari penimbangan sampel, pengendapan, pemisahan endapan, memurnikan dan membersihkan endapan, menimbang endapan, menghitung hasil analisis.
- Faktor gravimetri dapat digunakan untuk menentukan komponen yang ditentukan dari berat endapan yang diperoleh.
- Senyawa yang diendapkan harus mempunyai syarat yaitu kelarutannya rendah, mudah disaring, mudah diubah menjadi senyawa yang ditimbang.
- Senyawa yang diendapkan harus mempunyai syarat stoikiometri, kestabilan tinggi, dan faktor gravimetrinya kecil.
- Untuk mendapatkan endapan yang baik diantaranya dilakukan dalam larutan encer, penambahan pereaksi perlahan-lahan, dilakukan dalam larutan panas, dilakukan pada pH dekat daerah endapan kuantitatif, dan endapan didigest.
- Kontaminasi endapan terjadi secara kopresipitasi (kontaminasi oleh zat lain yang larut dalam pelarut) dan postpresipitasi (kontaminasi karena timbulnya endapan kedua pada endapan pertama).
- Kopresipitasi terbagi menjadi dua jenis yaitu *adsorpsi* (adanya penyerapan zat lain oleh permukaan endapan yang luas) dan oklusi (masuknya zat asing pada pertumbuhan kristal).

- Syarat yang harus dimiliki zat pencuci adalah dapat melarutkan pengotor dan tidak melarutkan endapan, mencegah terjadinya peptisasi (pengendapan halus), harus dapat diupkan pada pemijaran, endapan yang dicuci harus dapat disaring dengan kertas saring bebas abu.
- Pengeringan bertujuan menghilangkan air dan zat mudah menguap, sedangkan pemijaran bertujuan untuk mengubah endapan menjadi senyawa yang rumus kimianya sudah pasti.
- Alat-alat gravimetri antara lain adalah neraca analitik, krus, desikator, dan perangkat pembakaran.

**d. Tugas 3**

1. Siapkan peralatan untuk menguji kadar air dari suatu zat yang akan dikerjakan pada Lembar kerja 3

**e. Tes formatif 3**

1. Hitung faktor gravimetri dari zat berikut (yang ditulis pertama adalah zat yang ditimbang, dan yang ditulis kedua adalah zat yang dicari.  
(a)  $\text{KClO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{O}$       (b)  $\text{PbCrO}_4$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$
2. Sampel bijih timbal sebanyak 0,6342 g diendapkan sebagai  $\text{PbSO}_4$ . Endapan kering memiliki massa 0,4381 g. (a) Berapa % Pb dalam bijih ? (b) Berapa % timbal bila dinyatakan sebagai  $\text{PbO}$  ?
3. Sampel kuningan mengandung 9,20% Sn dan 5,40% Pb, 4,30% Zn, dan 81,10% Cu. Unsur-unsur ditentukan secara gravimetri dengan menimbang endapan-endapan berikut :  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{CuSCN}$ , dan  $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Jika 0,600 g sampel kuningan dianalisis, berapakah berat masing-masing endapan yang diperoleh ?

**f. Kunci jawaban formatif 3**

1. (a) 0,33994 (b) 0,2351
2. (a) 47,19 (b) 50,85
3. (a) 0,0701 g (b) 0,0474 g (c) 0,9310 g (d) 0,0601 g

**g. Lembar kerja 3**

**Percobaan 1**

Penentuan Kadar Air dengan Metode Oven

A. Prinsip

Sampel dikeringkan dalam oven  $100\text{ }^{\circ}\text{C} - 102\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai diperoleh berat yang tetap.

B. Alat dan Bahan

3. Oven dengan kisaran suhu  $100 - 102\text{ }^{\circ}\text{C}$
4. Cawan (stainless steel, aluminium, nikel, atau porselen). Gunakan cawan lengkap dengan tutupnya. Untuk bahan-bahan yang memberikan efek korosif, sebaiknya tidak menggunakan cawan logam.
5. Desikator yang berisi bahan pengering (fosfor pentoksida kering, kalsium klorida atau butiran halus silika gel).
6. Penjepit cawan
7. Neraca analitik
8. Sampel

C. Cara Kerja

1. Cawan kosong dan tutupnya dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan dinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang (untuk cawan aluminium didinginkan selama 10 menit dan cawan porselen didinginkan selama 20 menit)
2. Timbang dengan cepat kurang lebih 5 gram sampel yang sudah dihomogenkan dalam cawan

3. Angkat tutup cawan dan tempatkan cawan beserta isi dan tutupnya di dalam oven selama 6 jam. hindarkan kontak antara cawan dengan dinding oven. Untuk produk yang tidak mengalami dekomposisi (penguraian) dengan pengeringan yang lama, dapat dikeringkan selama 1 malam (16 jam)
4. Pindahkan cawan ke desikator, tutup dengan penutup cawan, lalu dinginkan. Setelah dingin timbang kembali.
5. Keringkan kembali ke dalam oven sampai diperoleh berat yang tetap.

#### D. Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Berat sampel (gram)} &= W_1 \\ \text{Berat sampel setelah dikeringkan (gram)} &= W_2 \\ \text{Kehilangan berat (gram)} &= W_3 \\ \text{Persen kadar air (dry basis)} &= \frac{W_3}{W_2} \times 100 \\ \text{Persen kadar air (wet basis)} &= \frac{W_3}{W_1} \times 100 \\ \text{Total padatan (\%)} &= \frac{W_2}{W_1} \times 100 \end{aligned}$$

#### E. Pengamatan

Nama dan rumus sampel = .....

Berat sampel = ..... gram

Berat sampel setelah dikeringkan = ..... gram

Kehilangan berat = ..... gram

Persen kadar air = ..... %

#### Penentuan air hidrat dalam Barium klorida

##### a. Prinsip

Barium klorida dihidrat akan kehilangan semua air kristalnya di atas suhu 100 °C



b. Cara kerja

1. Panaskan krus dan tutupnya sampai merah selama beberapa menit, biarkan menjadi dingin dalam desikator dan timbang setelah 20 menit.
2. Masukkan ke dalam krus 1-1,5 gram barium klorida pro analisis (pa) kemudian timbang lagi
3. Panaskan krus yang tertutup dengan nyala api kecil. Setiap selang beberapa menit, besarkan nyala api berangsur-angsur sampai dasar krus menjadi panas sehingga merah padam.
4. Jaga krus pada suhu tersebut selama 10 menit dan biarkan menjadi dingin dalam desikator selama 20 menit, kemudian timbang. Ulangi pekerjaan ini sampai beratnya konstan.
5. Dari kehilangan berat, hitung persentase air dalam barium klorida dihidrat.

**4. Kegiatan belajar 4**

**a. Tujuan pembelajaran 4**

Siswa diharapkan dapat :

- Menjelaskan prinsip-prinsip gravimetri
- Teknik melakukan analisis gravimetri
- Menentukan kelarutan suatu zat
- Mau berpartisipasi dalam eksperimen penentuan kelarutan zat dengan sungguh-sungguh, cermat, dan hati-hati

## b. Uraian materi 4

### Penerapan Analisis Gravimetri

Analisis gravimetri dapat diterapkan hampir pada setiap unsur. Di bawah ini adalah tabel contoh penentuan unsur secara gravimetri.

Tabel-3  
Analisis Gravimetri Beberapa Unsur

Zat yang dianalisis	Endapan	Zat yang ditimbang	Pengganggu
$K^+$	$KB(C_6H_5)_4$	$KB(C_6H_5)_4$	$NH_4^+$ , $Ag^+$ , $Hg^{2+}$ , $Tl^+$ , $Rb^+$ , $Cs^+$
$Mg^{2+}$	$Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6H_2O$	$Mg_2P_2O_7$	Banyak logam kecuali dari $Na^+$ dan $K^+$
$Ca^{2+}$	$CaC_2O_4 \cdot H_2O$	$CaCO_3$ atau $CaO$	Banyak logam kecuali dari $Mg^{2+}$ , $Na^+$ dan $K^+$
$Ba^{2+}$	$BaSO_4$  $BaCrO_4$	$BaSO_4$  $BaCrO_4$	$Na^+$ , $K^+$ , $Li^+$ , $Ca^{2+}$ , $Al^{3+}$ , $Cr^{3+}$ , $Fe^{3+}$ , $Sr^{2+}$ , $Pb^{2+}$  $Pb^{2+}$
$Ti^{4+}$	$TiO(5,7\text{-dibromo-8-hidroksiquinolin})_2$	$TiO(5,7\text{-dibromo-8-hidroksiquinolin})_2$	$Fe^{3+}$ , $Zr^{4+}$ , $Cu^{2+}$ , $C_2O_4^{2-}$ , sitrat, HF
$VO_4^{3-}$	$Hg_3VO_4$	$V_2O_5$	$Cl^-$ , $Br^-$ , $I^-$ , $SO_4^{2-}$ , $CrO_4^{2-}$ , $AsO_4^{3-}$ , $PO_4^{3-}$
$Cr^{3+}$	$PbCrO_4$	$PbCrO_4$	$NH_4^+$ , $Ag^+$
$Mn^{2+}$	$Mn(NH_4)PO_4 \cdot H_2O$	$Mn_2P_2O_7$	banyak logam
$Fe^{3+}$	$Fe(HCO_2)_3$	$Fe_2O_3$	banyak logam ( $Al^{3+}$ , $Ti^{4+}$ , $Cr^{3+}$ , dll.)
$Co^{2+}$	$Co(1\text{-nitroso-2-naftolat})_3$	$CoSO_4$ (hasil reaksi dengan $H_2SO_4$ )	$Fe^{3+}$ , $Zr^{4+}$ , $Pd^{2+}$
$Ni^{2+}$	$Ni(dmg)_2$	$Ni(dmg)_2$	$Pd^{2+}$ , $Pt^{2+}$ , $Bi^{3+}$ , $Au^{3+}$
$Cu^{2+}$	$CuSCN$	$CuSCN$	$NH_4^+$ , $Pb^{2+}$ , $Hg^{2+}$ , $Ag^+$
$Zn^{2+}$	$Zn(NH_4)PO_4 \cdot H_2O$	$Zn_2P_2O_7$	banyak logam

Zat yang dianalisis	Endapan	Zat yang ditimbang	Pengganggu
$Ce^{4+}$	$Ce(IO_3)_4$	$CeO_2$	$Th^{4+}, Ti^{4+}, Zr^{4+}$
$Al^{3+}$	$Al(OH)_3$  $Al(ox)_3$	$Al(OH)_3$  $Al(ox)_3$	banyak logam ( $Fe^{3+}, Ti^{4+}, Cr^{3+}, dll.$ )  banyak kecuali dengan $Mg^{2+}$ dalam larutan asam
$Sn^{4+}$	$Sn(cupferron)_4$	$SnO_2$	$Cu^{2+}, Pb^{2+}, As(III)$
$Pb^{2+}$	$PbSO_4$	$PbSO_4$	$Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+, HCl, HNO_3$
$NH_4^+$	$NH_4B(C_6H_5)_4$	$NH_4B(C_6H_5)_4$	$K^+, Rb^+, Cs^+$
$Ag^+$	$AgCl$	$AgCl$	$Hg^+$
$Cl^-$	$AgCl$	$AgCl$	$Br^-, I^-, SCN^-, S^{2-}, S_2O_3^{2-}, CN^-$
$Br^-$	$AgBr$	$AgBr$	$Cl^-, I^-, SCN^-, S^{2-}, S_2O_3^{2-}, CN^-$
$I^-$	$AgI$	$AgI$	$Br^-, Cl^-, SCN^-, S^{2-}, S_2O_3^{2-}, CN^-$
$SCN^-$	$CuSCN$	$CuSCN$	$NH_4^+, Pb^{2+}, Hg^{2+}, Ag^+$
$CN^-$	$AgCN$	$AgCN$	$Cl^-, Br^-, I^-, SCN^-, S^{2-}, S_2O_3^{2-}$
$F^-$	$(C_6H_5)_3SnF$	$(C_6H_5)_3SnF$	banyak logam kecuali logam alkali dan $SiO_4^{4-}, CO_3^{2-}$
$ClO_4^-$	$KClO_4$	$KClO_4$	
$SO_4^{2-}$	$BaSO_4$	$BaSO_4$	$Na^+, K^+, Li^+, Ca^{2+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, Fe^{3+}, Sr^{2+}, Pb^{2+}, NO_3^-, PO_4^{3-}, ClO_3^-$
$PO_4^{3-}$	$Mg(NH_4)PO_4 \cdot 6H_2O$	$Mg_2P_2O_7$	banyak logam kecuali $Na^+, K^+, C_2O_4^{2-}$
$NO_3^-$	Nitron nitrat	Nitron nitrat	$ClO_4^-, I^-, SCN^-, CrO_4^{2-}, ClO_3^-, NO_2^-, Br^-, C_2O_4^{2-}$

Zat yang dianalisis	Endapan	Zat yang ditimbang	Pengganggu
$\text{CO}_3^{2-}$	$\text{CO}_2$ (dengan penambahan asam)	$\text{CO}_2$	$\text{CO}_2$ diserap sebagai $\text{Na}_2\text{CO}_3$ pada Ascarite

Catatan : ox = oxine (8-hidroksiquinolin) = oksin  
 dmg = dimetilgliksim

Tabel-4  
 Zat Pengendap Organik

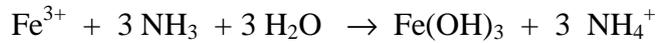
Senyawa	Ion yang diendapkan
Dimetilgliksim	$\text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Pt}^{2+}$
Cupferron	$\text{Fe}^{3+}, \text{VO}_2^+, \text{Ti}^{4+}, \text{Zr}^{4+}, \text{Ce}^{4+}, \text{Ga}^{3+}, \text{Sn}^{4+}$
8-Hidroksiquinolin (oxine)	$\text{Fe}^{3+}, \text{Al}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Cd}^{2+}, \text{Pb}^{2+}, \text{Bi}^{3+}, \text{Ga}^{3+}, \text{Th}^{4+}, \text{Zr}^{4+}, \text{TiO}^{2+}, \text{UO}_2^{2+}$
Salisilaldoksim	$\text{Bi}^{3+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Zn}^{2+}, \text{Cu}^{2+}, \text{Pb}^{2+}$
1-Nitroso-2-naftol	$\text{Fe}^{3+}, \text{Co}^{2+}, \text{Pd}^{2+}, \text{Zr}^{4+}$
Nitron	$\text{NO}_3^-, \text{ClO}_4^-, \text{BF}_4^-, \text{WO}_4^{2-}$
Natrium tetrafenilborat	$\text{NH}_4^+, \text{organic ammonium}, \text{Ag}^+, \text{Cs}^+, \text{Rb}^+, \text{K}^+$
Tetrafenilarsonium klorida	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{MnO}_4^-, \text{ReO}_4^-, \text{MoO}_4^{2-}, \text{WO}_4^{2-}, \text{ClO}_4^-$

Pada bagian ini akan dibahas penentuan beberapa unsur (kation dan anion) secara gravimetri

### ***Penentuan Kadar Besi***

Salah satu cara penentuan kadar besi secara gravimetri adalah melibatkan pengendapan besi (III) hidroksida disusul dengan pemanggangan pada suhu tinggi menjadi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Metode ini digunakan dalam analisis batuan, dimana besi dipisahkan dahulu dari unsur-unsur lain yang mengganggu. Bijih besi biasanya dilarutkan dalam asam klorida, dan asam nitrat digunakan untuk mengoksidasi

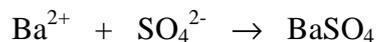
besi ke keadaan bilangan oksidasi 3+. jadi larutan yang mengandung Fe(III) diolah dengan larutan amonia yang sedikit berlebih untuk mengendapkan Fe(OH)<sub>3</sub> (sebenarnya disebut oksida berair, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.xH<sub>2</sub>O).



Oksida berair dari besi merupakan endapan mirip gelatin yang sangat tidak larut dalam air. Endapan dicuci dengan air yang mengandung sedikit amonium nitrat untuk mencegah *peptisasi*/pengendapan halus. Penyaringan dilakukan dengan menggunakan kertas saring. Kertas saring berisi endapan dibakar habis dan endapan dipanggang pada suhu yang cukup tinggi untuk menghilangkan air.

### ***Penentuan Kadar Barium***

Berbagai metode yang dapat digunakan untuk penentuan kadar barium secara gravimetri tetapi yang paling banyak digunakan adalah penetapan barium sebagai barium sulfat. Barium sulfat dapat diendapkan dengan menggunakan asam sulfat



melibatkan pengendapan barium sulfat. Barium sulfat merupakan endapan kristalin yang sukar larut dalam air. Pengendapan mudah dilakukan tetapi sukar untuk memperoleh hasil yang akurat karena biasanya endapan barium sulfat tidak murni. Untuk memperoleh endapan dengan partikel besar, lebih murni dan mencegah mengendapnya garam (misalnya BaCO<sub>3</sub>), maka pengendapan dilakukan:

1. dalam larutan encer
2. dalam larutan yang diasamkan dengan HCl
3. pada suhu mendekati titik didih
4. endapan *didigest* (dipanaskan dalam larutan = *warmed in the solution*)

Barium sulfat biasanya disaring dengan kertas saring atau krus porselen berpori dan dicuci dengan air panas.

### ***Penentuan Kadar Kalsium***

Salah satu cara penentuan kalsium secara gravimetri ialah mengendapkannya sebagai oksalat. Pada cara ini, kalsium diendapkan sebagai kalsium oksalat,  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dengan mengolah suatu larutannya dalam HCl panas dengan amonium oksalat dan menetralkannya dengan larutan amonia.

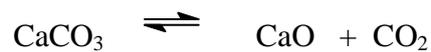


Endapan dicuci dengan larutan amonium oksalat encer dan ditimbang sebagai salah satu bentuk di bawah ini.

1. Sebagai  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dengan memanaskan pada suhu 100-105 °C selama satu jam. Cara ini kurang baik untuk pekerjaan yang teliti.
2. Sebagai  $\text{CaCO}_3$  dengan memanaskan pada suhu 475-525 °C dalam tungku listrik. Cara ini paling baik karena  $\text{CaCO}_3$  tidak higroskopis.



3. Sebagai CaO dengan memijarkan pada suhu 1200 °C



Pada cara ini mula-mula dilakukan pengendapan sebagai kalsium oksalat kemudian diubah menjadi kalsium karbonat atau kalsium oksida.

### ***Penentuan Kadar Nikel***

Salah satu percobaan gravimetri yang menggunakan zat organik sebagai pereaksi pengendap adalah pengendapan nikel dengan dimetilglioksim. Pada percobaan ini ke dalam larutan garam nikel yang asam dan panas ditambahkan larutan dimetilglioksim dan larutan amonia (bebas karbonat) sedikit berlebih. Endapan dicuci dengan air dingin dan dikeringkan pada suhu 110-120 °C. Lalu ditimbang sebagai nikel glioksim. Endapan larut dalam asam-asam mineral bebas dan dalam air panas tinggi tetapi tidak larut dalam larutan asam asetat-natrium asetat encer.

### ***Penentuan Kadar Fosfat***

Fosfat dapat ditentukan secara gravimetri sebagai amonium magnesium fosfat heksahidrat,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  atau sebagai amonium molibdofosfat,

$(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$ . Ortofosfat dapat diendapkan sebagai amonium magnesium fosfat dengan pereaksi magnesia ( $\text{MgCl}_2$  dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dalam larutan amoniakal). Dalam hal ini fosfat dipisahkan dahulu dari unsur-unsur lain yang akan mengganggu.

#### c. Rangkuman 4

- Analisis gravimetri dapat diterapkan hampir pada setiap unsur. seperti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{VO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ce}^{4+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{SCN}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ .
- Pada analisis gravimetri besi diendapkan sebagai  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  diubah dengan pemanggangan sebagai  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Barium diendapkan sebagai  $\text{BaSO}_4$  atau  $\text{BaCO}_3$ . Kalsium diendapkan sebagai  $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$ , dan  $\text{CaO}$ . Nikel diendapkan sebagai nikel dimetilglioksim. Fosfat diendapkan sebagai amonium magnesium fosfat heksahidrat,  $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  atau sebagai amonium molibdofosfat,  $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}]$ .

#### d. Tugas 4

1. Siapkanlah peralatan dan bahan-bahan kimia untuk percobaan gravimetri penetapan Fe, Ba, dan Ni.

#### e. Tes formatif 4

1. Perhatikan Tabel-3
  - a. Anion mana pada  $\text{Pb}^{2+}$  yang akan memberikan gangguan kopresipitasi ? Berikan alasannya !
  - (b) Kation mana pada  $\text{SO}_4^{2-}$  yang akan memberikan gangguan postpresipitasi tinggi ? Berikan alasannya !
2. Perhatikan Tabel-3
  - (a) Manakah zat layak timbang yang akan memberikan hasil lebih baik dalam penetapan  $\text{Ca}^{2+}$  ? Berikan alasan !

(b) Manakah zat layak endap  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  dan  $\text{CaSO}_4$  ? Berikan alasan

**f. Kunci jawaban formatif 4**

1. (a)  $\text{NO}_3^-$  (b)  $\text{Pb}^{2+}$
2. (a)  $\text{CaCO}_3$  (b)  $\text{Ca}_2\text{C}_2\text{O}_4$

**g. Lembar kerja 4**

**Percobaan 4a**

**Penetapan Kadar Besi Sebagai  $\text{Fe}_2\text{O}_3$**

1. Panaskan cawan krus sampai pijar, kemudian dinginkan dalam desikator selanjutnya timbang. Ulangi pekerjaan ini sampai diperoleh berat cawan krus yang konstan (selisih penimbangan tidak lebih dari  $3 \times 10^{-4}$  gram).
2. Timbang dengan teliti kira-kira 0,8 gram amonium besi (II) sulfat pro analisis,  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , ke dalam gelas kimia 400 mL yang dilengkapi dengan kaca arloji besar dan batang pengaduk
3. Larutkan zat dalam 50 mL air dan 10 mL HCl encer (1:1)
4. Tambahkan 1-2 mL asam nitrat pekat dan didihkan perlahan-lahan sampai warnanya kuning jernih selanjutnya ujilah larutan untuk mengetahui apakah oksida besi telah sempurna atau belum dengan larutan kalium heksasianoferat (II).
5. Encerkan larutan menjadi 200 mL, panaskan sampai mendidih kemudian tambahkan larutan amonia (1:1) sedikit demi sedikit sampai semua besi mengendap.
6. Didihkan campuran selama 1 menit lalu saring
7. Cuci endapan dengan amonium nitrat 1% sampai bebas klorida
8. Pijarkan, dinginkan dalam desikator kemudian timbang
9. Hitung kadar besi dalam cuplikan

#### **Percobaan 4b**

##### **Penetapan kadar Barium Sebagai BaSO<sub>4</sub>**

1. Panaskan cawan krus sampai pijar, kemudian dinginkan dalam desikator selanjutnya timbang. Ulangi pekerjaan ini sampai diperoleh berat cawan krus yang konstan (selisih penimbangan tidak lebih dari  $3 \times 10^{-4}$  gram).
2. Timbang dengan teliti kira-kira 0,3 gram barium klorida pa, larutkan dalam 100 mL air dan tambahkan 1 mL asam klorida pekat
3. Panaskan sampai mendidih dan tambahkan dengan hati-hati H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M panas yang sedikit berlebih, diaduk sampai semua barium mengendap.
4. Endapan dibiarkan 1 jam dalam penangas dan jaga api jangan terlalu besar.
5. Saring endapan dan cuci dengan air panas yang mengandung asam sulfat, kemudian dengan air panas sampai bebas asam
6. Endapan dipijarkan dan ditimbang sampai beratnya konstan.
7. Hitung kadar barium dalam cuplikan.

#### **Percobaan 4c**

##### **Penetapan Kadar Nikel Sebagai dimetilglioksimat**

1. Timbang dengan teliti 0,3-0,4 gram amonium nikel sulfat. Pindahkan ke dalam gelas kimia 400 mL yang dilengkapi dengan tutup kaca arloji besar dan pengaduk
2. Larutkan dalam air dan tambahkan 5 mL HCl encer (1:1) dan encerkan menjadi 200 mL dan panaskan sampai suhu 80 °C.
3. Tambahkan pereaksi dimetilglioksim sedikit berlebih dan tambahkan pula larutan amonia encer setetes demi setetes sambil diaduk sampai terjadi pengendapan.
4. Diamkan di atas penangas air selama 20-30 menit dan uji apakah pengendapan sudah sempurna.

5. Diamkan endapan selama 1 jam, setelah dingin saring dengan krus saring dari kaca masir atau porselen
6. Cuci endapan dengan air dingin sampai bebas klorida
7. Keringkan pad 110-120 °C selama 45-50 menit, dinginkan dalam desikator dan timbang. Ulangi pengeringan ini sampai beratnya konstan.
8. Hitung persentase nikel dalam cuplikan

### III. EVALUASI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

1. Zat yang disimpan pada piring neraca kiri setimbang dengan anak timbangan pada piring neraca kanan yaitu 22,4367 g. Setelah zat tersebut diambil kemudian ditimbang lagi beratnya menjadi 22,4377 g. Berapakah berat zat sebenarnya, dan berapa rasio panjang lengan neraca ?
2. Hitung kelarutan molar mineral berikut dari harga  $K_{sp}$  nya
  - (a) alabandite,  $MnS$ ,  $K_{sp} = 4,3 \times 10^{-22}$
  - (b) anglesite,  $PbSO_4$ ,  $K_{sp} = 1,8 \times 10^{-10}$
  - (c) brucite,  $Mg(OH)_2$ ,  $K_{sp} = 1,5 \times 10^{-11}$
  - (d) fluorite,  $CaF_2$ ,  $K_{sp} = 3,9 \times 10^{-11}$
3. Larutan  $MnBr_2$  0,060 M dijenuhkan dengan  $H_2S$  ( $[H_2S] = 0,10$  M). Berapa pH minimum agar  $MnS$  mengendap,  $K_{sp} MnS = 4,3 \times 10^{-22}$
4. Berapa air yang diperlukan untuk mencuci endapan  $NiCO_3$  hingga larut sebanyak 0,100 g. Asumsikan air yang dipakai mencuci jenuh dengan  $NiCO_3$  ( $K_{sp} = 1,36 \times 10^{-7}$ ) ?
5. Jika  $NiCO_3$  merupakan pengotor sampel  $CoCO_3$  ( $K_{sp} = 1,0 \times 10^{-12}$ ). Berapa massa  $CoCO_3$  yang hilang ? Catatan bahwa  $NiCO_3$  dan  $CoCO_3$  larut dalam larutan yang sama.
6. Hitung faktor gravimetri dari
  - (a)  $AgCl$  (zat yang ditimbang) dan  $KClO_4$  (zat yang dicari)
  - (b)  $(NH_4)_2PtCl_6$  (zat yang ditimbang) dan  $NH_3$  (zat yang dicari)
7. Tentukan jumlah volume (mL) larutan  $BaCl_2$  yang mengandung 20 g/L yang diperlukan untuk mengendapkan belerang sebagai  $BaSO_4$  di dalam 0,50 g sampel yang mengandung 12% S
8. Berat penimbangan dari campuran yang mengandung  $Fe_2O_3$  dan  $Al_2O_3$  adalah 0,6432 g. Setelah dipanaskan dengan  $H_2$ , padatan  $Fe_2O_3$  tereduksi

menjadi FeO, sedangkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tidak berubah. Berat campuran sekarang adalah 0,5448 g. Berapakah persentase Al dalam sampel ?

9. Natrium dan kalium yang terdapat dalam batuan ditetapkan sebagai berikut : Unsur diubah menjadi klorida dan campuran NaCl dengan KCl hasil penimbangan adalah 0,6648 g. Kemudian klorida diubah menjadi sulfat berupa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dengan hasil penimbangan 0,7849 g. Jika sampel batuan asal beratnya 0,8792 g, berapakah persentase  $\text{Na}_2\text{O}$  dan  $\text{K}_2\text{O}$  dalam sampel ?
10. Seorang peneliti sedang menganalisis 1,000 g sampel belerang yang diendapkan sebagai  $\text{BaSO}_4$ . Sebenarnya sampel tersebut mengandung 30,00%  $\text{SO}_3$  sedangkan peneliti mendapatkan hasil penimbangan sebesar 0,8505 g. (a) Hitung %  $\text{SO}_3$  yang ditentukan peneliti, (b) Jika kesalahan disebabkan oleh proses pereduksian  $\text{BaSO}_4$  menjadi BaS selama proses pembakaran. Berapakah % endapan yang ditentukannya dalam BaS ?

### Kunci jawaban

1. berat zat 22,4372 g; rasio panjang lengan neraca : 1,00000 : 1,00002
2. (a)  $2,1 \times 10^{-11}$  M, (b)  $1,3 \times 10^{-4}$  M, (c)  $1,6 \times 10^{-4}$  M, (d)  $2,1 \times 10^{-4}$  M
3. pH = 3,4
4. Air yang diperlukan adalah 2,28 L
5.  $7,3 \times 10^{-7}$  g
6. (a) 0,966704 (b) 0,076732
7.  $\text{BaCl}_2$  yang diperlukan adalah 19 mL
8. Persentase Al dalam sampel adalah 25,98%
9. Persentase  $\text{Na}_2\text{O}$  10,25 %, dan  $\text{K}_2\text{O}$  35,56%
10. (a) 29,17% (b) 7,53%

Skor tiap item soal adalah 5

Skor maksimum  $17 \times 5 = 85$

### Pedoman Umum Penilaian

1. Evaluasi Hasil Belajar = Aspek Kognitif + Aspek Psikomotor + Aspek Sikap
2. Bobot Kognitif : Psikomotor : Sikap = 30% : 50% : 20%
3. Evaluasi kognitif diambil dari tes formatif 1 s.d. 4 ditambah evaluasi akhir
4. Evaluasi psikomotor diambil dari Tugas 1,3 dan 4 dengan menggunakan format sbb.

Berikan tanda (V) sesuai prestasi kerja siswa

No.	Kegiatan	Kualitas Kerja		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Menimbang zat dengan neraca analitik ayun			
2	Membuat larutan baku NaCl			
3	Penentuan kadar air dengan metode oven			
4	Penentuan air hidrat dalam barium klorida			
5	Penentuan kadar besi			
6	Penentuan kadar barium			
7	Penentuan kadar mikel			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Sikap Kerja				
Nilai pada skala 10				

5. Evaluasi sikap diambil dari Tugas 1,3 dan 4 dengan menggunakan format sbb.

Berikan tanda (V) sesuai sikap kerja siswa

No.	Kegiatan	Sikap Kerja		
		kesungguhan, kecermatan dan kehati-hatian		
		Baik (nilai3)	Sedang (nilai 2)	Kurang (nilai 1)
1	Menimbang zat dengan neraca analitik ayun			
2	Membuat larutan baku NaCl			
	Penentuan kadar air dengan metode oven			
3	Penentuan air hidrat dalam barium klorida			
4	Penentuan kadar besi			
5	Penentuan kadar barium			
6	Penentuan kadar mikel			
Jumlah tanda (V)				
Juml V x bobot				
Jumlah Nilai Prestasi Kerja				
Nilai pada skala 10				

6. Dalam aspek kognitif modul ini harus dikuasai  $\geq 80\%$ , dalam aspek psikomotor dan sikap 90%.
7. Semua nilai kognitif, psikomotor dan afektif dikonveri ke skala 0-10
8. Nilai Prestasi Belajar (NPB) yaitu :

$$\text{NPB} = 0,3 (\text{Rata-rata nilai kognitif}) + 0,5 (\text{Rata-rata nilai psikomotor}) + 0,2 (\text{Rata-rata nilai sikap})$$

#### **IV. PENUTUP**

Demikianlah modul ini dibuat untuk membantu siswa menyelesaikan salah satu sub kompetensi dari kompetensi menganalisa bahan secara kuantitatif. Siswa dapat melanjutkan ke modul berikutnya setelah mengikuti proses belajar mengajar minimal aspek kognitif 80%, aspek psikomotor dan sikap 90%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bassett et al. Poedjatmaka A.H. Setiono L., (1994). **Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik**. Jakarta : Penerbit Buku Kedokteran EGC, edisi 4.
- Day, R.A. & Underwood, A.L. (1980). **Quantitative Analysis**. New Delhi : Prentice-Hall of India Private Limited.
- Ismono, et al. (1978) **Dasar-dasar Kimia Analitik Kuantitatif**, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Khopkar, S.M., Rahardjo, A. Sapto (1990). **Konsep Dasar Kimia Analitik**, Jakarta : Universitas Indonesia.
- Skoog, D.A. & D.M. West, (1980). **Analytical Chemistry**. Philadelphia : Saunders College, third edition.