

## BAB II PEMBELAJARAN

### A. Rencana Belajar

Kompetensi :

Sub Kompetensi :

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu (menit)	Tempat belajar	Alasan perubahan	Tanda tangan Guru
1		30			
2		30			

### B. Kegiatan Belajar

Dalam modul Pengolahan Unsur sub kompetensinya adalah dapat melakukan analisis kualitatif bahan secara karakterisasi fisik.

#### 1. Kegiatan Belajar 1

##### a. Tujuan kegiatan pembelajaran

Siswa dapat melakukan analisis kualitatif

## b. Uraian materi

### 1. Sebaran unsur

Hasil pengukuran geofisika menyatakan bahwa kerapatan bumi makin tinggi dari permukaan hingga bagian dalam. Sebaran material di dalam bumi disimpulkan melalui data penjalaran *gelombang seismik*. Secara umum model struktur bumi dinyatakan sebagai berikut :

- **Inti dalam** (padatan Fe dan Ni) dan **inti luar** (cairan Fe dan S) dengan kerapatan  $11 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  dan ketebalan 3470 km.
- **Mantle** (padatan magnesium silikat) berkerapatan  $4,5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , dan ketebalan 2880 km.
- **Kerak** (crust) terdiri dari mineral silikat dan oksida dengan kerapatan  $2,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  dan ketebalan 17 km.
- **Lautan** sebagian besar terdiri dari  $\text{H}_2\text{O}$  dengan kerapatan  $1,03 \text{ kg/m}^3$  dan ketebalan 4 km.
- **Atmosfer** terdiri dari gas-gas yang sebagian besar mengandung  $\text{N}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

Studi seismik telah memberikan rujukan sifat-sifat mekanik, kerapatan, dan komposisi kimia dari inti bumi, mantel, dan kerak bumi. Mantel lebih banyak mengandung Mg daripada kerak bumi. Sementara kerak bumi lebih kaya mengandung unsur-unsur lain seperti Na, Al, K, dan Ca.

**V.M. Goldschmidt** mengklasifikasi unsur-unsur yang ada di bumi ke dalam 4 jenis, yaitu :

- *Siderophile (iron-loving)*, tersebar sebagai logam kelompok besi (Fe, Co, Ni), sebagaimana tersebar pada inti bumi.

- *Chalcophile*, tersebar sebagai sulfida (gabungan non logam S, Se, dan As)
- *Lithophile (rock-loving)*, tersebar sebagai silikat, dan
- *Atmophile*, tersebar sebagai penyusun atmosfer.

Tabel. 1  
Klasifikasi Unsur di Bumi  
Menurut Goldschmidt

Siderophile	Chalcophile	Lithophile	Atmophile
Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt, Au, Mo, Ge, Sn, C, P, (Pb), (As), (W)	Cu, Ag, (Au) Zn, Cd, Hg, Ga, In, Tl, (Ge), (Sn), Pb, As, Sb, Bi, S, Se, Te, (Fe), (Mo), (Re)	Li, Na, K, Rb, Cs, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, B, Al, Sc, Y, La, (C), Si, Ti, Zr, Hf, Th, (P), V, Nb, Ta, O, Cr, W, U, (Fe), Mn, F, Cl, Br, I, (H), (Tl), Ga, (Ge), (N)	H, N, (C), (O), (F), (Cl), (Br), (I), gas mulia

Pada pengklasifikasian di atas terdapat beberapa unsur yang memiliki lebih dari satu kelas. Misalnya besi sebagai unsur utama penyusun inti bumi, tetapi juga ditemukan sebagai mineral sulfida dan silikat. Namun secara umum unsur-unsur dalam satu kelas mempunyai kemiripan sifat kimianya. **Siderophile** adalah unsur-unsur yang mempunyai *potensial elektrode rendah*, **lithophile** unsur-unsur yang mempunyai *potensial elektrode tinggi*, dan **chalcophile** adalah unsur-unsur yang mempunyai *potensial elektrode sedang*.

Kelimpahan unsur di kerak bumi telah ditentukan berdasarkan metode analitis dengan kemiripan apa yang ditemukan dalam meteorit. Data pada tabel-1.2 menunjukkan bahwa 8 unsur yaitu *oksigen, silikon, aluminium, besi, magnesium, kalsium, natrium, dan kalium* merupakan penyusun lebih dari 98,5% berat kerak bumi. Beberapa unsur lithophile seperti kalium, dan titanium kelimpahannya lebih banyak terpusatkan di kerak bumi.

Para ahli kimia dan metalurgi sangat tertarik perhatiannya terhadap sebaran unsur di kerak bumi, karena di sana merupakan sumber unsur-unsur yang dapat diekstraksi dan diisolasi. Batuan di kerak bumi terbentuk melalui berbagai cara sesuai dengan proses fraksionasi sebarannya.

- 1) **Batuan api** (igneous rock), terbentuk akibat pemadatan lelehan materi bertemperatur tinggi yang mengalir dari daerah bagian dalam bumi. Produk utama adalah *magma*, materi lain yang diakibatkan

terhamburnya lelehan ke permukaan bumi disebut *lava* (kristal batuan volcanic).

Tabel-1.2  
Komposisi Utama  
Penyusun Bumi dan Kerak Bumi

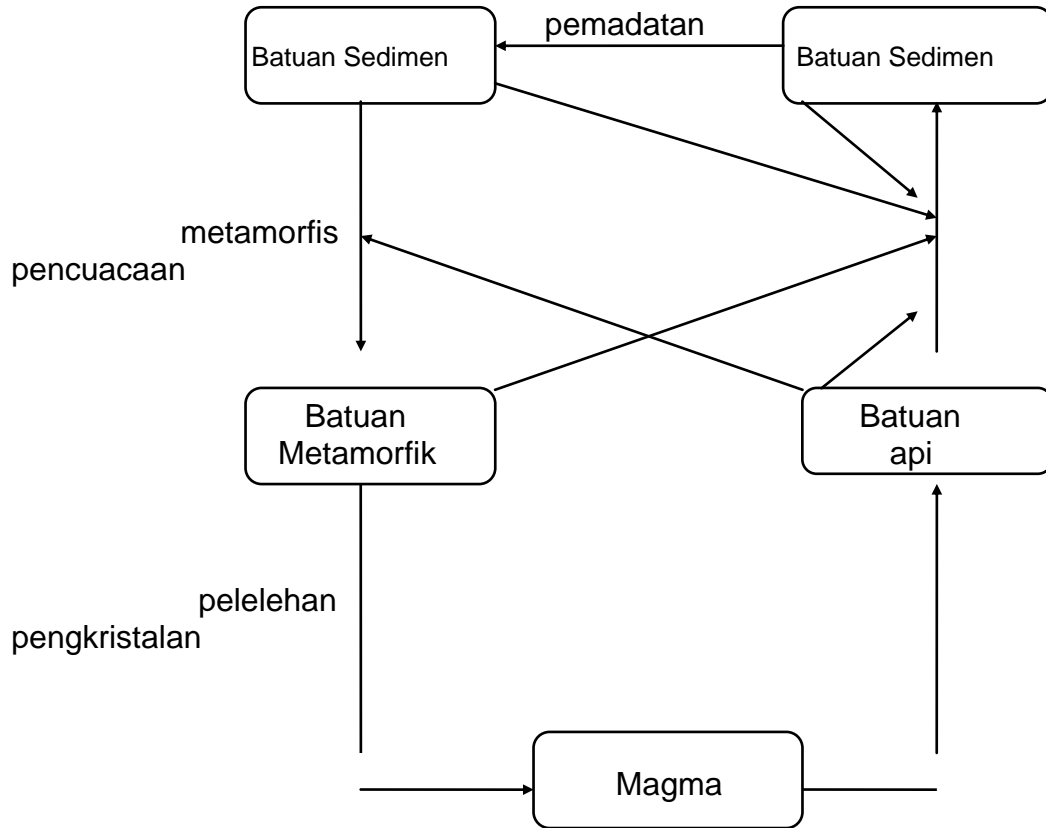
Unsur	Kelimpahan (ppm)	
	di bumi	di kerak bumi
H	-	1 400
O	295 000	466 000
Na	5 700	28 300
Mg	127 000	20 900
Al	10 900	81 300
Si	152 000	177 200
P	1 000	1 050
S	19 300	260
K	700	25 900
Ca	11 300	36 300
Ti	500	4 400
Cr	2 600	100
Mn	2 200	950
Fe	346 300	50 000
Ni	23 900	75

Tabel-1.3  
Komposisi Batuan Api (Igneous)

Oksida	Persentase
SiO <sub>2</sub>	66,4
TiO <sub>2</sub>	10,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,5
FeO	3,0
MnO	0,08
MgO	2,2
CaO	3,8
Na <sub>2</sub> O	3,6
K <sub>2</sub> O	3,3
H <sub>2</sub> O	0,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,18

- 2) **Batuan metamorfik**, terbentuk akibat pengaruh panas dan tekanan terhadap batuan api (igneous) dan batuan sedimen. Karena pengaruh suhu dan tekanan, *batu gamping* (limestone) berubah menjadi *marmar* (marble), *batupasir* (sandstone) berubah menjadi *kuarsa* (quartzite), *batu serpih* (shale) berubah menjadi *batu tulis* (slate) dan *mika*. Beberapa batuan metamorfik ini mempunyai perbedaan pada struktur orientasi bidang dan garis yang disebabkan pengarahan tekanan selama proses metamorfis.

- 3) **Batuan sedimen**, terbentuk karena pengaruh udara, air, proses biologis, dan proses kimia seperti *hidrolisis, pengendapan, oksidasi, dan reduksi*. Misalnya batupasir (sandstone) terbentuk dari pasir (sand), batukapur (limestone) terbentuk dari kapur (lime), batu serpih (shale) terbentuk dari lumpur (mud).



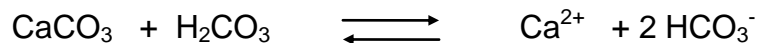
**Siklus Batuan**

Tabel-1.4

Komposisi Persentase Rata-rata  
Batuan Sedimen

Oksida	Batuan pasir	Batu kapur	Batuan Karbonat
SiO <sub>2</sub>	70,0	6,9	8,2
TiO <sub>2</sub>	0,58	0,05	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,2	1,7	2,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5	0,98	1,0
FeO	1,5	1,3	0,68
MnO	0,06	0,08	0,07
MgO	1,9	0,97	7,7
CaO	4,3	47,6	40,5
Na <sub>2</sub> O	0,58	0,08	-
K <sub>2</sub> O	2,1	0,57	-
H <sub>2</sub> O	3,0	0,84	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,16	0,07
CO <sub>2</sub>	3,9	38,3	35,5
SO <sub>3</sub>	0,7	0,02	3,1

Kalsium karbonat yang terkandung di dalam batuan sedimen jumlahnya paling cukup banyak . Senyawa ini dengan air alam dan karbon dioksida yang larut (asam karbonat) membentuk sistem kesetimbangan sebagai berikut :



Kandungan air, karbon dioksida, klorin, feri yang berubah menjadi fero di dalam batuan sedimen jumlahnya lebih banyak daripada yang terkandung di dalam batuan api. Penurunan kandungan natrium mencerminkan bahwa ion-ion natrium melarut kemudian masuk ke dalam lautan melalui proses pencucuan (weathering).

Senyawa fero teroksidasi menjadi feri cukup lama melalui oksigen atmosfer. Senyawa yang terbentuk adalah Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atau dalam bentuk hidratnya. Feri oksida umumnya tidak berubah karena kelarutannya sangat kecil. Pada kondisi tertentu feri oksida tersuspensi sebagai sol. Koloid bermuatan positif tersebut mampu menyerap anion seperti fosfat.

Mangan, pada awalnya berada sebagai mangan (II), larut sedikit dalam asam karbonat. Pada kondisi tertentu dapat teroksidasi menjadi mangan (III) dan (IV). Oksida campuran seperti Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub> dapat terbentuk juga, tetapi sebagai produk akhir adalah MnO<sub>2</sub>. Mangan oksida dapat membentuk sol bermuatan negatif, dan kation-kation yang diikatnya adalah K<sup>+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, dan Cu<sup>2+</sup>. Selama proses sedimentasi, mangan terpisahkan secara efektif dari unsur-unsur lain seperti besi. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan kelarutan pada penambahan pH, di mana ferioksida mengendap terlebih dahulu sebelum oksida mangan.

Belerang adalah unsur lainnya yang teroksidasi selama proses penguasaan. Di dalam batuan api, unsur ini berada sebagai sulfida (tingkat oksidasi -2), dan bila kontak dengan udara dan air berubah membentuk sulfat. Logam-logam sulfida terbentuk sebagai mineral sedimen hanya apabila berada dalam lingkungan yang sangat mereduksi, seperti adanya zat-zat organik.

Proses penguasaan memberi peran terhadap penyebaran unsur-unsur ke dalam air laut. Air laut merupakan sistem buffer dengan pH antara 8,0 dan 8,4. Rentang ini memberi gambaran bahwa dalam air laut terdapat banyak ion kalsium berasal dari aliran sungai yang diendapkan sebagai kalsium karbonat. Karena itu komposisi air laut ditentukan oleh garam-garam yang tertinggal akibat penguapan. Kebanyakan garam yang berada di air laut terdiri dari *kalsium sulfat* dan *natrium klorida*.

Unsur-unsur lain sirkulasinya tetap di dalam kerak bumi. Kalsium dan magnesium masuk ke dalam proses biologis, kalsium membentuk tulang, sedangkan magnesium membentuk klorofil. Kalium dan natrium mempunyai peran sangat penting di dalam biologis. Sedangkan siklus materi penting terjadi di alam adalah siklus karbon, siklus fosfor, dan siklus nitrogen.

Tabel-1.5  
Komposisi Air laut  
(untuk salinitas 35 ppt)

Komponen	Konsentrasi (ppm)
Cl <sup>-</sup>	18 900
Na <sup>+</sup>	10 556
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2 649
Mg <sup>2+</sup>	1 272
Ca <sup>2+</sup>	400
K <sup>+</sup>	380
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	140
Br <sup>-</sup>	65
Sr <sup>2+</sup>	8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	26

### Aturan Goldschmidt

Silikat adalah senyawa yang jumlahnya mendominasi senyawa lain di kerak bumi. Sifat dan strukturnya mempunyai kapasitas untuk berubah menjadi

isomorf lain. Kecenderungan sebaran unsur di bumi, telah diformulasikan oleh aturan-aturan empiris yang ditelaah V.M. Goldschmidt. Menurutnya faktor utama yang berpengaruh terhadap sebaran ion-ion di bumi adalah *ukuran dan muatan*.

#### **Aturan Goldschmidt**

- 1) Jika dua ion mempunyai jari-jari sama atau hampir sama dan muatan sama, maka ion-ion tersebut akan terdistribusi dalam mineral yang berbanding lurus dengan kelimpahannya disertai pergantian isomorf dari satu ion dengan ion yang lain.
- 2) Jika dua ion mempunyai jari-jari hampir sama dan muatan sama, ion berukuran lebih kecil akan mengkristal lebih awal.
- 3) Jika dua ion mempunyai jari-jari hampir sama tetapi muatan berbeda, maka ion dengan muatan lebih tinggi akan mengkristal lebih awal.

Sebagai gambaran ditemukan bahwa ion  $\text{Ba}^{2+}$  (135 pm) dan  $\text{K}^+$  (133 pm) terjadi pergantian secara intensif di dalam pembentukan mineralnya. Demikian pula ion  $\text{Fe}^{3+}$  (64 pm) dan  $\text{Cr}^{3+}$  (69 pm), dapat membentuk pasangan dengan ion lain dengan menunjukkan substitusi isomorf.

Gambaran lain ditunjukkan bahwa ion  $\text{Mg}^{2+}$  (65 pm) akan mengkristal lebih awal membentuk sederetan isomorf olivin ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ ) dibandingkan dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$  (82 pm). Sementara  $\text{Li}^+$  (60 pm) dan  $\text{Mg}^{2+}$  (65 pm) akan terjadi substitusi, akan tetapi litium ditemukan mengkristal lebih lambat dalam mineralnya.

Aturan Goldschmidt hanya dapat digunakan sebagai pemandu secara kualitatif terhadap sebaran unsur. Misalnya  $\text{Zn}^{2+}$  (74 pm) diharapkan berada dalam feromagnesium silikat sebagaimana terdapatnya  $\text{Ni}^{2+}$  (76 pm) dan  $\text{Co}^{2+}$  (78 pm). Kenyataannya  $\text{Zn}^{2+}$  tidak ditemukan dalam silikat melainkan berbentuk struktur kristal bilangan koordinasi-6 (oktahedral) tetapi berada sebagai bilangan koordinasi-4 (tetrahedral). Dalam kasus ini kita katakan



bahwa walaupun jari-jari ion dapat digunakan sebagai alat merasionalisasi terbentuknya struktur kristal, ternyata struktur tersebut akan berubah juga karena faktor lingkungan.

Keterbatasan aturan Goldschmidt lainnya adalah tidak memperhitungkan jenis-jenis ikatan yang terbentuk. Demikian  $\text{Cu}^+$  (96 pm) tidak terdapat bersamaan dengan  $\text{Na}^+$  (95 pm) walaupun ukurannya hampir sama, hal ini disebabkan ikatan  $\text{Cu}^+$  sedikit sekali menunjukkan karakter ionik dibandingkan  $\text{Na}^+$ . Sehubungan dengan kasus ini, maka **Ringwood** memperluas kesahihan aturan Goldschmidt dengan mengusulkan pentingnya *keelektronegatifan ion*. Kriterianya menyatakan bahwa “*untuk dua ion yang memiliki valensi dan jari-jari hampir sama, ion yang keelektronegatifannya lebih rendah akan membentuk kristal lebih awal karena membentuk ikatan yang lebih kuat (lebih ionik) daripada ion lainnya*”.

Kritik lainnya yang diajukan terhadap aturan Goldschmidt adalah didasarkan atas pandangan termodinamika. Kritik ini menyatakan bahwa aturan Goldschmidt hendaknya memasukan *entalpi kisi kristal* secara implisit. Namun kesulitannya adalah tidak cukupnya informasi besaran termodinamika yang dimiliki, seperti halnya energi solvasi atau perubahan energi bebas yang berhubungan dengan reaksi yang berlangsung pada media lelehan, begitu pula kita tidak dapat mempertimbangkan kestabilan relatif ion di dalam lelehan atau fase kristal.

Disisi lain **Hulme** mengusulkan pengklasifikasian sumber-sumber logam di alam ke dalam 5 kelompok, yaitu :

**Logam tipe-1 :**

- Unsur-unsur  $ns^1$  dan Be.
- Logam sangat elektropositif, ditemukan sebagai garam *klorida, karbonat, dan sulfat* yang larut.
- Diekstraksi melalui teknik elektrolitik.

**Logam tipe-2 :**

- Unsur-unsur  $ns^2$  kecuali Be.
- Logam alkali tanah elektropositif, ditemukan sebagai *karbonat dan sulfat* tidak larut (kecuali  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dapat larut).
- Diekstraksi melalui elektrolisis.

**Logam tipe-3 :**

- Terdiri dari unsur  $ns^2 np^1, d^1, d^2, d^3, \text{Cr}$  dan  $\text{Mn}$ .
- Tidak mempunyai orbital d terisi penuh yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan  $\pi$ .
- Sebagai sumber utama *oksida dan campuran oksida*.

- Diekstraksi melalui elektrolisis, reduksi kimia dengan C, CO, atau logam lebih reaktif.

**Logam tipe-4 :**

- Mempunyai orbital d terisi penuh yang dapat digunakan untuk membentuk ikatan d-p- $\pi$  dengan atom belerang, seperti Mo, Fe, Co, Ni, Cu, Ag, dan logam blok p.
- Sebagai sumber utama *sulfida*, dan sedikit dalam oksida.
- Diekstraksi dengan cara mengubah sulfida menjadi oksida, kemudian direduksi dengan C, CO, dan hidrogen atau sulfat untuk proses elektrolitik.

**Logam tipe-5 :**

- Logam tidak reaktif, berada sebagai unsur bebas.
- Potensial oksidasinya rendah.
- Oksida dan sulfidanya tidak stabil.
- Senyawanya mudah direduksi.
- Garis batas dengan tipe-4 tidak ditafsirkan secara kaku, seperti Cu, Zn, dan Pb terdapat juga sebagai karbonat, akan tetapi sumber karbonat yang dapat dikerjakan hanyalah oksida dan karbonat Fe. Hg berada sebagai unsur bebas pula, Bentuk sulfidanya dengan mudah direduksi melalui penguraian termal.

Tabel 1.6  
Klasifikasi Sumber Logam

Li	Be	B																
Na	Mg	Al	Si															
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te			
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po			
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U													
<b>1</b>	<b>2</b>		<b>3</b>							<b>5</b>								<b>4</b>

**SEBARAN UNSUR-UNSUR**

Tabel 1.9  
Tabel lengkap Ekstraksi Logam

Unsur	Sumber	Metode Ekstraksi	Catatan
Hydrogen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tersebar sebagai penyusun air dan senyawa lain</li> </ul>	<p><u>Skala kecil</u> :</p> <p>Zn + asam</p> <p><u>Skala besar</u> :</p> <p>(a) <math>2\text{H}_2\text{O} + \text{C} \xrightarrow{\text{pada } 1273\text{K}} \text{CO}_2 + 2\text{H}_2</math></p> <p>(b) <math>\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{pada } 1373\text{K}} \text{CO} + 3\text{H}_2</math></p> <p>(c) Elektrolisis air</p> <p>(d) <math>4\text{H}_2\text{O} + \text{Fe (uap)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2</math></p>	
Litium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spodumene : <math>\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2</math></li> <li>• Lepidolite : (lithia mica)</li> </ul>	Elektrolisis lelehan LiCl/KCl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logam-logam elektropositif golongan IA.</li> </ul>
Natrium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garam batu : NaCl</li> <li>• Feldspar : <math>\text{NaAlSi}_3\text{O}_8</math></li> <li>• Sendawa Chili : <math>\text{NaNO}_3</math></li> <li>• Boraks : <math>\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}</math></li> </ul>	Elektrolisis lelehan NaOH atau NaCl/CaCl <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garam-garamnya dari asam kuat larut dalam air.</li> <li>• Sebagai kation dalam batuan alumino-silikat.</li> </ul>
Kalium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carnallite : <math>\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>• Berbagai Aminosilikat</li> <li>• Sendawa (saltpetre) : <math>\text{KNO}_3</math></li> </ul>	Elektrolisis lelehan KCl/CaCl <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kereaktifannya tinggi, sehingga dalam ekstraksi logamnya perlu dilakukan dalam kondisi anhidros.</li> </ul>
Unsur	Sumber	Metode Ekstraksi	Catatan
Rubidium	Berhubungan dengan K dan Li	Untuk Rb dan Cs dilakukan dengan pendesakan kloridanya dengan kalsium :	
Cesium	Pollucite, cesium aluminium silikat	$2\text{RbCl} + \text{Ca} \xrightarrow{\text{pada } 1273\text{K}} 2\text{Rb} + \text{CaCl}_2$	
Berilium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beryl : <math>3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2</math></li> <li>• Chrysoberyl : <math>\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3</math></li> </ul>	Elektrolisis lelehan $\text{BeF}_2/\text{NaF}$ atau mereduksi $\text{BeF}_2$ dengan Mg	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Be merupakan unsur yang unik di dalam golongan IIA berada sebagai campuran oksida</li> </ul>
Magnesium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carnallite: <math>\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>• Magnesite : <math>\text{MgCO}_3</math></li> <li>• Spinel : <math>\text{MgAl}_2\text{O}_4</math></li> <li>• Olivine : <math>\text{Mg}_2\text{SiO}_4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolisis lelehan KCl/MgCl<sub>2</sub></li> <li>• Reduksi MgO dengan C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logam-logam yang lebih elektropositif dari golongan IIA.</li> <li>• Berada sebagai senyawa silikat dan garam-garam yang kelarutannya kecil.</li> </ul>
Kalsium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dolomit : <math>\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3</math></li> <li>• Batu gamping : <math>\text{CaCO}_3</math></li> <li>• Gips : <math>\text{CaSO}_4</math></li> <li>• Fluorspar : <math>\text{CaF}_2</math></li> <li>• Apatit : <math>\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2</math></li> </ul>	Elektrolisis lelehan $\text{CaCl}_2/\text{CaF}_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduksi dengan C hanya dilakukan untuk menghasilkan Mg, sedangkan untuk logam alkali</li> </ul>

Stronsium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strontianite : <math>\text{SrCO}_3</math></li> <li>• Celestine : <math>\text{SrSO}_4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrolisis lelehan halida</li> </ul>	tanah yang lebih aktif akan menghasilkan karbida.
Barium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Witherite : <math>\text{BaCO}_3</math></li> <li>• Barytes : <math>\text{BaSO}_4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduksi oksida dengan Al</li> </ul>	
Boron	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Boraks : <math>\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>• Colemannite : <math>\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math></li> </ul>	Reduksi termal $\text{B}_2\text{O}_3$ dengan Na, Mg, Al	Keunikan unsur golongan IIIA yng berada sebagai anion  Logam-logam golongan IIIB berada sebagai silikat dan fosfat. Sebagai kontraksi lantanida y mempunyai jari-jari ionik yang sama dengan lantanoida berat.
Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bauksit : <math>\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>• Kriolit : <math>\text{Na}_3\text{AlF}_6</math></li> <li>• Batuan alumino-silikat</li> </ul>	Reduksi elektrolitik $\text{Al}_2\text{O}_3$ yang dilarutkan dalam lelehan kriolit	
Skandium Yttrium dan logam tanah jarang berat Eropium - Lutesium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Thorveitite : <math>\text{Sc}_2\text{Si}_2\text{O}_7</math></li> <li>• Gadolinite (siliakat hitam dengan besi)</li> <li>• Xenotime (fosfat)</li> <li>• Yttrotantalite</li> <li>• Samarskite</li> <li>• Fergusonite (kompleks niobate dan tantalate)</li> </ul>	Elektrolisis lelehan klorida	
Cerium dan logam tanah jarang ringan Lantanum - Samarum	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monazite : fosfat</li> <li>• Cerite : silikat hidrat</li> <li>• Orthite : silika kompleks</li> </ul>	Elektrolisis lelehan klorida	
Torium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monazite :</li> <li>• Thorite : <math>\text{ThO}_2</math></li> </ul>	Reduksi $\text{ThO}_2$ dengan Ca	

Unsur	Sumber	Metode Ekstraksi	Catatan
Uranium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pitchblende : <math>\text{U}_3\text{O}_8</math></li> <li>• Carnolite : <math>\text{K}_2\text{O} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5</math></li> </ul>	Reduksi $\text{UF}_4$ dengan Ca atau Mg	
Karbon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intan, grafit</li> <li>• Dolomit, kapur</li> <li>• Batu gamping, batu bara</li> </ul>	Destilasi destruktif batu bara	Didapat sebagai unsur bebas atau sebagai karbonat
Silikon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuarsa : <math>\text{SiO}_2</math></li> <li>• Beberapa silikat dan alumino - silikat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduksi elektro termal <math>\text{SiO}_2</math></li> <li>• Reduksi <math>\text{SiCl}_4</math> oleh Zn atau hidrogen</li> </ul>	Merupakan unsur dengan kelimpahan terbanyak diikuti oleh oksigen
Titanium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ilmenite : <math>\text{TiO}_2 \cdot \text{FeO}</math></li> <li>• Rutile : <math>\text{TiO}_2</math></li> </ul>	Reduksi $\text{TiCl}_4$ oleh Mg (proses Kroll) atau Na	Logam-logam golongan IVB mempunyai afinitas sangat tingi dengan oksigen. Perlu diubah menjadi halida kemudian direduksi di dalam atmosfer. Hf sangat mirip dengan Zr karena kontraksi lantanida
Zirkonium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baddeleyite : <math>\text{ZrO}_2</math></li> <li>• Zircon : <math>\text{ZrSiO}_4</math></li> </ul>	Reduksi $\text{ZrCl}_4$ oleh Mg	
Hafnium	Bersamaan dengan Zr : biasanya Hf terdapat jika kandungan Zr 1-2%	As untuk Zr	
Vanadium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanadinite : <math>3\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{PbCl}_2</math></li> <li>• Carnolite :</li> <li>• Patronite : sulfida</li> </ul>	Reduksi aluminotermal dari $\text{V}_2\text{O}_5$	Logam-logam golongan VB mempunyai afinitas lebih kecil terhadap oksigen daripada logam-logam

Niobium	Niobite : $\text{Fe}(\text{NbO}_3)_2$ mengandung Ta	Reduksi $\text{K}_2\text{NbF}_7$ atau $\text{K}_2\text{TaF}_7$ dengan Na	transisi golongan selanjutnya. Hanya logam V ditemukan sebagai sulfida
Tantalum	Tantalite : $\text{Fe}(\text{TaO}_3)_2$ mengandung Nb	Elektrolisis lelehan $\text{K}_2\text{TaF}_7$ $\text{Ta}_2\text{O}_5 + 5\text{TaC} \rightarrow 7\text{Ta} + 5\text{CO}$	
Krom	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chromite : <math>\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3</math></li> <li>• Crocoisite : <math>\text{PbCrO}_4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduksi <math>\text{Cr}_2\text{O}_3</math> oleh Al atau Si</li> <li>• Elektrolisis larutan larutan garam Cr(III)</li> </ul>	Logam-logam golongan VIB ini terdapat sebagai oksida campuran atau sebagai bagian oksianion  $\text{MoS}_2$ merupakan pengecualian  Metoda ekstraksi bijih-bijih oksida awalnya melibatkan pemanggangan dengan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ untuk membentuk garam Na yang larut dalam air  Logam dalam golongan VIIB hanya Mn merupakan logam komersial yang penting
Molibden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molybdenite : <math>\text{MoS}_2</math></li> <li>• Wulfenite : <math>\text{PbMoO}_4</math></li> </ul>	Reduksi $\text{MoO}_3$ oleh hidrogen	
Wolfram	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wolframite : <math>\text{FeWO}_4 / \text{MnWO}_4</math></li> <li>• Scheelite : <math>\text{CaWO}_4</math></li> <li>• Tungstite : <math>\text{WO}_3</math></li> </ul>	Reduksi $\text{WO}_3$ oleh hidrogen	
Mangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pyrolusite : <math>\text{MnO}_2</math></li> <li>• Hausmannite : <math>\text{Mn}_3\text{O}_4</math></li> </ul>	Reduksi $\text{Mn}_3\text{O}_4$ oleh Al atau C	
Teknesium	Sedikit di alam biasanya diisolasi dari hasil pemecahan inti	Reduksi amonium perteknat oleh $\text{H}_2$	
Renium	Molibdenite mengandung 20 ppm Re dan sumber logam yang mahal	Reduksi amonium perrhenat oleh $\text{H}_2$	

Unsur	Sumber	Metode Ekstraksi	Catatan
Besi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Magnetite : <math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math></li> <li>• Haematite : <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math></li> <li>• Firit : <math>\text{FeS}_2</math></li> </ul>	Reduksi oksida oleh CO pada tanur tinggi	Ekstraksi besi dan perubahan menjadi baja merupakan proses metalurgi sangat penting  Kobalt dan nikel umumnya lebih sedikit dari besi dan biasa ditemukan sebagai low-grade-ors
Kobalt	Bergabung dengan Cu dan Ni sebagai sulfida dan arsenida Smaltite : $\text{CoAs}_2$	Reduksi oksida oleh C atau gas air	
Nikel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat dalam pentlandite : besi sulfida mengandung sampai 3% Ni</li> <li>• Garnierite : silika Mg dan Ni yang dihasilkan oleh pencucian</li> <li>• Millerite : <math>\text{NiS}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduksi oksida dengan C, dilanjutkan dengan pemurnian elektrolitik.</li> <li>• Proses karbonil Mond  <math display="block">\text{Ni}(\text{CO})_4 \xrightleftharpoons[333\text{K}]{453\text{K}} \text{Ni} + \text{CO}</math> </li> </ul>	
Rutenium Rodium Paladium Osmium Iridium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sebagai logam : aliasi osmium.</li> <li>• 0,5 ppm dalam besi sulfida yang mengandung nikel (sumber utama).</li> <li>• Bijih langka :</li> </ul>	Residu dari proses nikel karbonil, dibuat senyawa murninya. Kemudian dilakukan penguraian secara termal : $\text{PdCl}_2(\text{NH}_3)_2$ menjadi Pd, dan	

Platinum	Braggite : PdS Sperrylite : PtAs <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub> menjadi Pt	dalam bentuk senyawa yang mudah direduksi.
Tembaga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copper pyrites : CuFeS<sub>2</sub></li> <li>• Cuprite : Cu<sub>2</sub>O</li> <li>• Malachite: CuCO<sub>3</sub> .Cu(OH)<sub>2</sub></li> <li>• Logam bebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oksidasi parsial bijih sulfida : 2Cu<sub>2</sub>O + Cu<sub>2</sub>S → 6Cu + SO<sub>2</sub></li> <li>• Pelindian (leaching) dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diikuti elektrolisis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ditemukan dalam bentuk logam bebas.</li> <li>• Ekstraksi dari bijih sulfida dilakukan dengan pyro- atau hydro- metalurgi.</li> </ul>
Perak	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argentite : Silfide</li> <li>• Horn silver : AgCl</li> <li>• Logam bebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelindian bijih sulfida dengan natrium sianida.</li> <li>• Pembentukan Ag(CN)<sub>2</sub><sup>-</sup> kemudian Ag diendapkan dengan Zn</li> </ul>	
Emas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logam bebas</li> <li>• Sedikit terdapat dalam bijih firit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelindian sianida seperti pada Ag</li> </ul>	
Seng	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seng blende, wurtzite : ZnS</li> <li>• Calamine : ZnCO<sub>3</sub></li> </ul>	Untuk Zn dan Cd, bijih sulfida dipanggang menjadi oksida kemudian direduksi dengan C.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bijih golongan IIB sebagian besar berada sebagai sulfida.</li> <li>• Logam-logam ini dengan mudah diekstraksi dari bijihnya.</li> </ul>
Kadmium	Terdapat dalam bijih seng dalam jumlah kecil	Elektrolisis ZnSO <sub>4</sub> untuk pembuatan Zn.	
Raksa	Cinnabar : HgS	Penguraian termal : HgS + O <sub>2</sub> → Hg + SO <sub>2</sub>	
<b>Unsur</b>	<b>Sumber</b>	<b>Metode Ekstraksi</b>	<b>Catatan</b>
Galium	Berada dalam seng blende dan bauksit dalam jumlah kecil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dihasilkan pada ekstraksi Zn.</li> <li>• Elektrolisis bauksit yang dilindi alkali</li> </ul>	Tidak ada bijih logam golongan IIIA yang diketahui
Indium	Berada dalam seng blende dan cassiterite dalam jumlah kecil	In dan Tl diperoleh dengan mengelektrolisis atau reduksi kimia debu pembakaran firit	
Talium	Ditemukan di dalam firit		
Germanium	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Di dalam seng blende</li> <li>• Bijih jarang : kompleks sulfida, 4Ag<sub>2</sub>S . GeS<sub>2</sub></li> </ul>	Reduksi GeO <sub>2</sub> dengan H <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logam-logam golongan IVA ditemukan sebagai sulfida, kecuali Sn.</li> <li>• Pemurnian elektrolitik Sn dengan pelarut air adalah penting.</li> </ul>
Timah	Cassiterite : SnO <sub>2</sub>	Reduksi SnO <sub>2</sub> dengan C	
Timbal	Galena : PbS	Pemanggangan sulfida menjadi oksida, kemudian direduksi dengan C	
Fosfor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apatite : CaF<sub>2</sub>. 3Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></li> <li>• Chlorapatite : CaCl<sub>2</sub>. Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></li> </ul>	Reduksi arus listrik oleh karbon dengan adanya SiO <sub>2</sub> (untuk membentuk kalsium silikat)	
Arsen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nickel glance : NiAsS</li> <li>• Mispickel : FeAsS</li> </ul>	Pemanggangan bijih tanpa ada udara	Merupakan contoh penting dari ekstraksi unsur dengan melakukan reduksi sulfida secara langsung
Antimon	Stibnite : Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Reduksi sulfida dengan besi	
Bismut	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bismuth glance : Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub></li> </ul>	Reduksi oksida oleh karbon	

	• Bismuthite : $\text{Bi}_2\text{O}_3$		
Belerang	Sebagai unsur bebas Sebagai sulfida dan sulfat	Belerang bebas diubah melalui pelelehan endapan di bawah tanah kemudian ditekan ke permukaan oleh cairan panas (proses Frasch)	Kelimpahan belerang sangat banyak, sedangkan Se dan Te sedikit. Se dan Te dihasilkan dari proses lain pada pemurnian elektrolitik Cu
Selenium Telurium	Ditemukan dalam bijih-bijih yang mengandung belerang	Reduksi senyawanya dengan $\text{SO}_2$	
Fluorin	Fluorspar : $\text{CaF}_2$ Kriolit : $\text{Na}_3\text{AlF}_6$	Elektrolisis campuran lelehan KF/HF	Halogen selalu ditemukan sebagai anion. Fluorin mempunyai keelektronegatifan tinggi dan reaktif, hanya dihasilkan dengan elektrolisis lelehan garam anhidros. Ekstraksi halogen makin mudah pada unsur yang lebih berat (makin ke bawah dalam golongan)
Klorin	Sebagai ion klorida dalam air laut. Sebagai padatan klorida	Elektrolisis air laut	
Bromin	Ditemukan dalam air laut dan garam	Pendesakan oleh klorin : $\text{MgBr}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{Br}_2$	
Iodin	< 0,1 ppm dalam air laut tetapi banyak dalam rumput laut . Sebagai iodat $\text{NaIO}_3$ dalam chilean nitrate	Reduksi iodat dengan bisulfit	

## Ekstraksi

**Metalurgi** adalah pengetahuan yang mengkaji tentang cara-cara pengolahan logam dari bijahnya hingga memperoleh logam yang siap untuk digunakan. Proses metalurgi dibagi menjadi 3 prinsip pengerjaan : (1) **Perlakuan awal**, dengan cara melakukan pemekatan bijih (concentration of ore) agar bijih yang diinginkan terpisah dari materi pengotor (gangue). (2) **Proses reduksi**, yaitu mereduksi senyawa logam yang ada pada bijih agar berubah menjadi logam bebas. (3) **Pemurnian** (refining), yaitu melakukan pengolahan logam kotor melalui proses kimia agar diperoleh tingkat kemurnian tinggi.

### Pemekatan Bijih

Pemekatan bijih bertujuan ialah untuk memisahkan mineral dari pengotornya sehingga diperoleh kadar bijih tinggi. Pemekatan dapat dilakukan melalui dua teknik pemisahan, yaitu pemisahan secara fisis dan pemisahan secara kimia.

**Pemisahan secara fisis** terdiri dari :

- Pemisahan pengapungan (flotation separation),
- Pemisahan gaya berat (gravity separation),
- Pemisahan magnetik (magnetic separation),
- Pemisahan pencairan (liquation separation), dan
- Pemisahan amalgam (amalgams separation).

**Pemisahan secara kimia** terdiri dari :

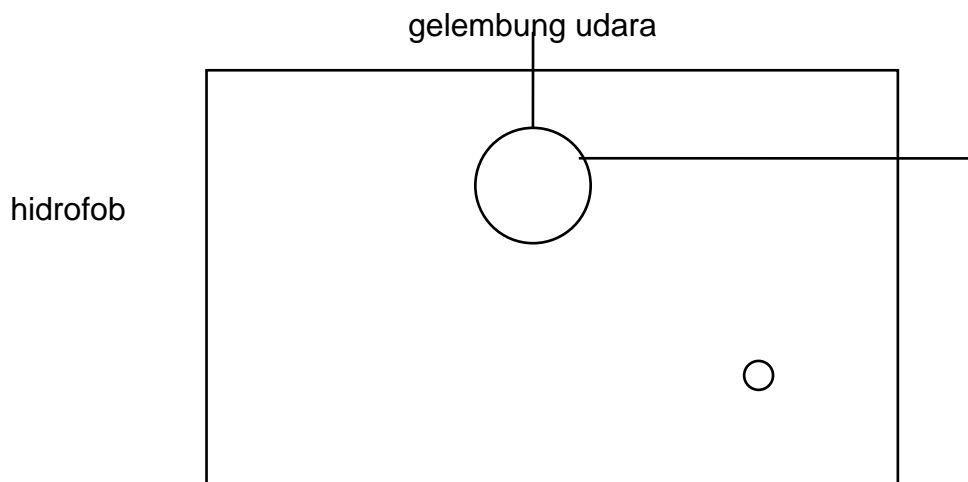
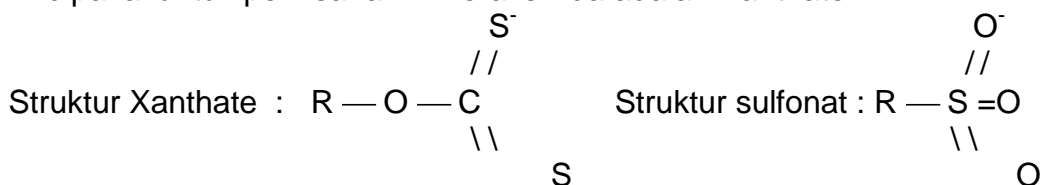
- Proses pelindian (leaching),
- Proses pemanggangan (roasting),

**Pengapungan buih** (froth flotation) adalah proses pemisahan mineral menjadi bijih dari pengotor dengan cara mengapungkan bijih ke permukaan melalui pengikatan dengan buih. Proses ini banyak dipakai untuk beberapa bijih seperti Cu, Pb, Zn, Ag, Au, dan Ni. Teknik pengerjaannya dilakukan dengan cara menghembuskan udara ke dalam butiran mineral halus (telah mengalami proses crushing) yang dicampur dengan air dan zat pembuih. Butiran mineral halus akan terbawa gelembung udara ke permukaan, sehingga terpisahkan dengan materi pengotor (gangue) yang tinggal dalam air (tertinggal pada bagian bawah tank penampung). Pengikatan butiran bijih akan semakin efektif apabila ditambahkan suatu **zat collector**.

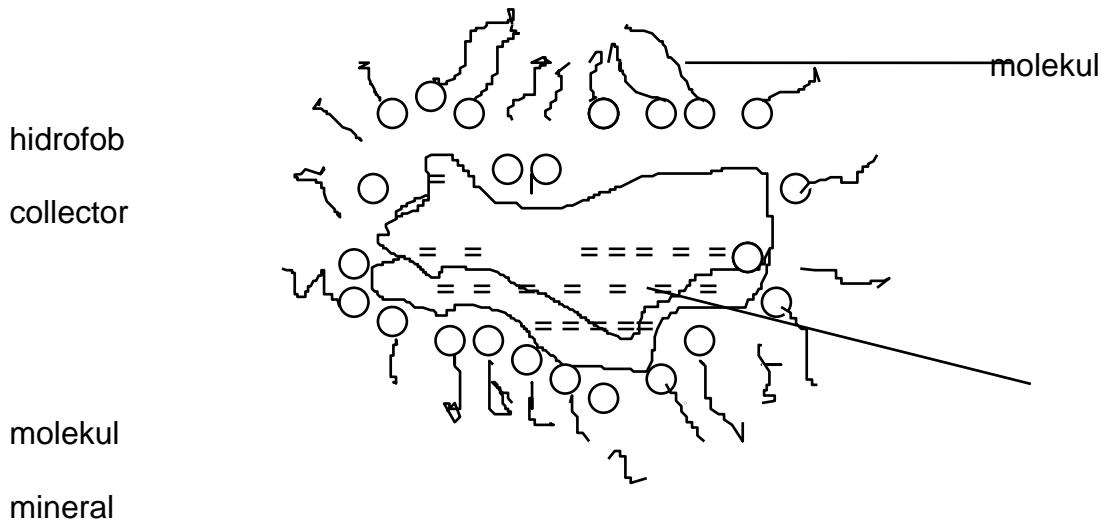
Prinsip dasar pengikatan butiran bijih oleh gelembung udara berbuih melalui molekul collector adalah :

- Butiran zat yang mempunyai permukaan hidrofilik akan terikat air sehingga akan tinggal pada dasar tank penampung.
- Butiran zat yang mempunyai permukaan non-polar atau hidrofob akan ditolak air, jika ukuran butirannya tidak besar, maka akan naik ke permukaan dan terikat gelembung udara.

Kebanyakan mineral terdiri dari ion yang mempunyai permukaan hidrofil, sehingga partikel tersebut dapat diikat air. Dengan penambahan zat **collector**, permukaan mineral yang terikat molekul air akan terlepas dan akan berubah menjadi hidrofob. Dengan demikian ujung molekul hidrofob dari collector akan terikat molekul hidrofob dari gelembung, sehingga mineral (bijih) dapat diapungkan. Molekul collector mempunyai struktur yang mirip dengan detergen. Salah satu macam zat collector yang sering dipakai untuk pemisahan mineral sulfida adalah Xanthate.

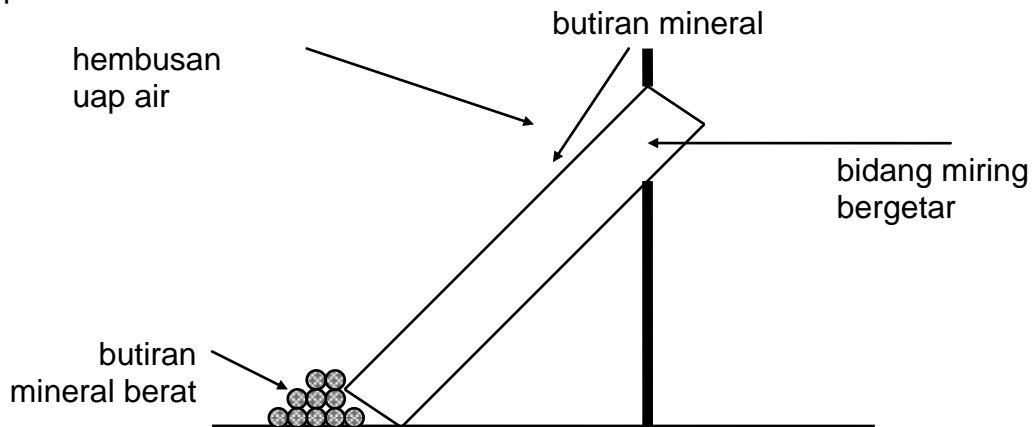






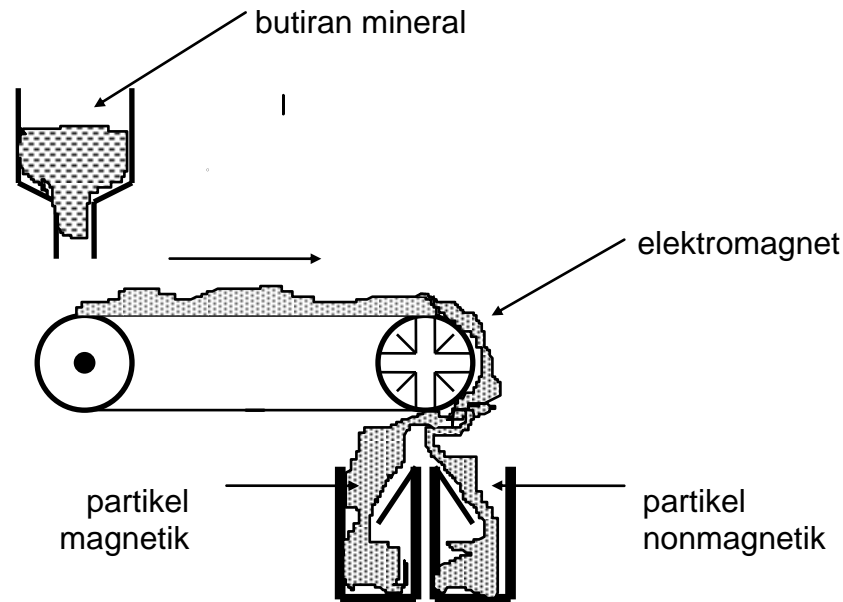
**Molekul mineral yang dilapisi molekul collector menjadi terikat gelembung udara**

**Pemisahan gaya berat** (gravity separation), adalah proses pemisahan mineral yang didasarkan atas perbedaan massa jenis antara partikel bijih dan partikel pengotor. Teknik pengejaannya adalah dengan cara menghamburkan butiran mineral pada bidang miring yang dihembusi uap air, sehingga partikel mineral yang lebih berat akan terkumpul pada bagian bawah tempat penampungan. Metode ini sering dipakai pada pemisahan cassiterit ( $\text{SnO}_2$ ) dari pengotor (gangue), pemisahan emas atau perak dari pasir.



|  
|  
|  
|

**Pemisahan magnetik** (magnetic separation), adalah proses pemisahan dengan dasar apabila mineral memiliki sifat feromagnetik. Teknik pengejerjaannya adalah dengan mengalirkan serbuk mineral secara vertikal terhadap medan magnet yang bergerak secara horizontal. Dengan demikian materi yang tidak tertarik magnet akan terpisahkan dari materi yang memiliki sifat feromagnet. Metode ini sering dilakukan untuk memisahkan mineral magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) dari pengotor, kromit  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$  dari silikat, rutil ( $\text{TiO}_2$ ) dari apatit  $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , wolframit  $\text{FeWO}_4$  dari cassiterit  $\text{SnO}_2$ , Zirkon  $\text{ZrSiO}_4$ , pirolisit  $\text{MnO}_2$  dari pengotor.



### Pemisahan Magnetik Bijih dan Pengotor

**Pemisahan pencairan** (liquation separation), adalah proses pemisahan yang dilakukan dengan cara memanaskan mineral di atas titik leleh logam, sehingga cairan logam akan terpisahkan dari pengotor. Cara ini biasa dilakukan untuk memperoleh bismut atau tembaga.

**Pemisahan amalgam** (amalgams separation), adalah proses pemisahan didasarkan atas kelarutan logam dari mineral dalam raksa. Logam yang pemisahannya dilakukan dengan cara ini adalah Ag dan Au. Untuk melepaskan logam Ag atau Au dari amalgam dilakukan dengan proses detilasi.

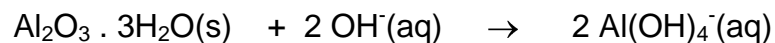
**Proses pelindian** (leaching) adalah proses pemekatan kimiawi untuk melepaskan pengotor bijih dari suatu mineral dengan cara pelarutan dalam reagen tertentu. Misalnya  $\text{H}_2\text{SO}_4$  digunakan untuk melindi oksida Zn dan Ni. Natrium hidroksida digunakan untuk melindi aluminium oksida dari bijih bauksit. Materi tidak larut sebagai pengotor dipisahkan dengan cara penyaringan (filtration), sedangkan larutan ion logam dipadatkan melalui cara pengkristalan seperti pada ekstraksi Al, atau dengan pengendapan (menambahkan ion tertentu agar membentuk senyawa tidak larut. Bahkan logam tertentu seperti emas dapat diperoleh secara langsung melalui reduksi larutan hasil lindiannya, sedangkan untuk memperoleh Zn dilakukan dengan mengelektrolisis larutan lindiannya.

- **Pelindian Aluminium Oksida (alumina)**

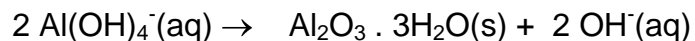
Bauksit mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , besi (III) oksida  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , silika  $\text{SiO}_2$ , dan tanah liat

(clay). Serbuk bauksit dilindi dengan NaOH pada suhu 150-170 °C dan tekanan 5-

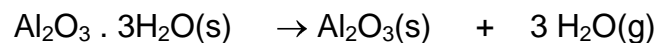
10 atm sehingga terjadi reaksi :



Silikat dan tanah liat mengendap sebagai natrium aluminium silikat. Demikian pula besi (III) oksida tidak larut dan membentuk lumpur merah (red mud) di bagian bawah wadah tempat mereaksikan. Semua endapan dipisahkan melalui penyaringan. Dengan pendinginan, larutan aluminat akan mengendap sebagai aluminium oksida hidrat.



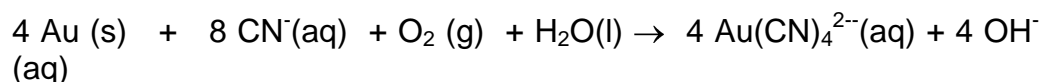
Setelah dilakukan pencucian, dan penyaringan. Alumina hidrat dipanaskan sampai 1200 °C, maka dihasilkanlah alumina dengan kemurnian 99,5%.



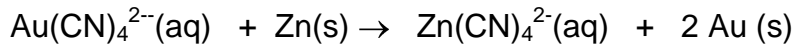
Untuk memperoleh Al dilakukan dengan elektrolisis dalam kriolit.

- **Pelindian emas :**

Emas dilindi dengan larutan NaCN yang dialiri oksigen,

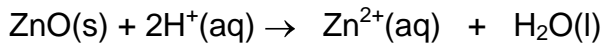


pengotor dipisahkan melalui penyaringan, dan seng ditambahkan untuk mendesak emas dari larutan.

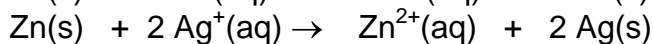
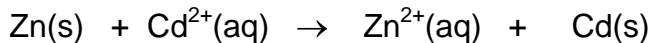


- **Pelindian seng oksida :**

Seng oksida sebagai hasil pemanggangan seng sulfida dilindi dengan asam sulfat encer.



Untuk menghilangkan logam-logam pengotor seperti Ag dan Cd, ke dalam larutan perlu ditambahkan serbuk seng.

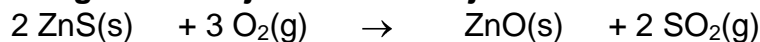


Untuk mendapatkan Zn dilakukan dengan elektrolisis.

**Proses pemanggangan** (roasting), adalah proses pemekatan bijih melalui pemanasan bijih yang disertai pengontrolan jumlah udara (oksigen).

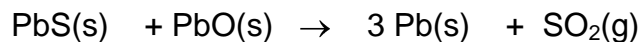
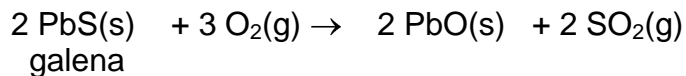
Misalnya :

- **Pengubahan bijih sulfida menjadi oksida :**



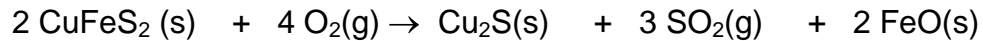
melalui tahap ini pengotor As dapat dihilangkan.

- **Pengubahan bijih sulfida secara parsial menjadi oksida :**



- **Pengubahan sulfida menjadi sulfida yang lebih meningkat kadarnya :**

Semula dalam bijih  $\text{CuFeS}_2$  terdapat kadar Cu sebanyak 0,5 - 5%, setelah dilakukan pemanggangan maka kadar Cu dalam  $\text{Cu}_2\text{S}$  meningkat menjadi 25-30%.



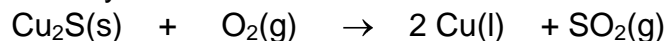
### Proses Reduksi

Ada dua jenis reduksi senyawa logam, yaitu reduksi kimia dan reduksi elektrolitik. Kita ketahui bahwa kereaktifan logam menentukan sekali di dalam memilih metode yang akan digunakan. Senyawa-senyawa dari logam dengan kereaktifan rendah kebanyakan mudah direduksi. Sebaliknya senyawa-senyawa dari logam sangat reaktif sukar direduksi.

#### Reduksi kimia senyawa logam

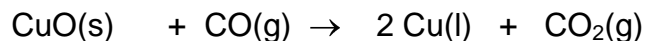
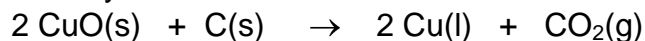
Ketika sulfida-sulfida dari beberapa logam kurang reaktif dipanaskan, terjadilah proses reduksi. Ion sulfida akan diubah menjadi belerang dioksida.

Misalnya

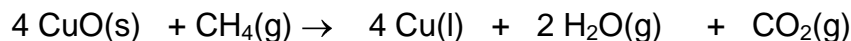


Ekstraksi logam pada zaman dahulu dimulai dengan menggunakan bara arang sebagai reduktornya. Karbon dan karbon monoksida (CO), mempunyai kemampuan mereduksi beberapa oksida logam menjadi logam.

Misalnya



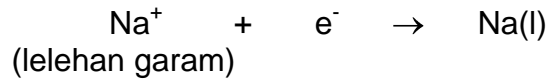
Gas netral seperti metana (CH<sub>4</sub>), dapat juga digunakan untuk mereduksi tembaga (II) oksida panas menjadi logam tembaga.



Namun perlu diingat tidak semua senyawa logam dapat direduksi oleh C atau CH<sub>4</sub>.

#### Reduksi elektrolitik senyawa logam

Logam-logam dapat diperoleh sebagai produk katode selama proses elektrolisis lelehan senyawa ionik. Misalnya, produksi Na dalam cell Down elektrolitnya adalah menggunakan campuran lelehan natrium klorida dan kalsium klorida.

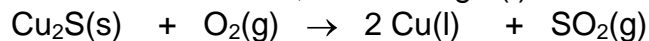


Energi yang diperlukan suatu produksi untuk mendapatkan lelehan elektrolit memakan biaya besar. Karena itu alternatif elektrolit yang digunakan adalah berupa larutannya. Misalnya tembaga adalah merupakan produk katode di dalam larutan  $\text{CuSO}_4$ .

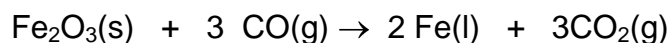
Deret kereaktifan logam memberikan dasar dalam melakukan pereduksian senyawa logam. Reduksi kimia umumnya cocok untuk logam-logam berkereaktifan rendah, sedangkan metode elektrolitik dapat digunakan untuk logam-logam pada umumnya. Dimana pemilihan reduksi kimia atau reduksi elektrolitik, pertimbangan ekonomis memberikan keputusan dalam memilih metode tersebut.

Praktek yang dilakukan di dalam industri menyimpulkan :

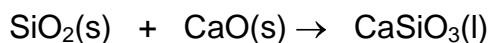
Sulfida-sulfida logam yang dalam deret kereaktifannya rendah dapat direduksi dengan pemanasan kuat dalam udara. Misalnya tembaga(I) sulfida  $\text{Cu}_2\text{S}$ , nikel(II) sulfida,  $\text{NiS}$ , dan raksa(II) sulfida  $\text{HgS}$ . Ion-ion sulfida adalah reduktor, sehingga dioksidasi menjadi belerang dioksida. Pada contoh berikut, ion tembaga (I) dan oksigen direduksi.



Reaksi yang terjadi ini disebut pemanggangan (roasting) sekaligus peleburan (smelting). Oksida-oksida logam yang memiliki posisi rendah sampai menengah pada deret kereaktifan logam dapat direduksi dengan menggunakan kokas pada tanur. Oksida Fe, Pb, dan Sn direduksi dengan cara ini. Ion seng, tembaga, dan nikel direduksi secara elektrolitik pada katode dari larutan garamnya. **Peleburan** (smelting) dimaksudkan adalah proses reduksi bijih pada suhu tinggi hingga mendapatkan material lelehan. Produk reduksi selama proses pelelehan disebut **matte**. Matte umumnya berupa campuran sulfida, atau logam dan sulfida, dimana persentase logamnya meningkat sebagai hasil pelelehan. Contoh lainnya adalah :



Sebagai pengotor (gangue) pada bijih besi ini adalah silikat  $\text{SiO}_2$ , dan untuk menghilangkannya diberikan zat penambah (flux) yaitu  $\text{CaO(s)}$ .



Ion-ion kebanyakan logam reaktif seperti Na, K, Ca, Mg dan Al, harus direduksi secara elektrolitik dari lelehan senyawa atau campuran senyawanya. Ion-ion ini tidak dapat dielektrolisis dari larutannya karena air yang akan mengalami reduksi pada katode.

### C. Tugas 1

- c. Tes formatif 1
- d. Kunci jawaban formatif 1
- e. Lembar kerja siswa

## 2. Kegiatan Belajar 2

### Metals and Non-Metals - Part XI

#### **Refining of metals**

Free metals obtained by various reduction processes may have several impurities which may be other metals. For example while obtaining Na, K is a common metal that may be separated along with Na. Thus K is an impurity here. These impurities have to be removed by processes known as refining. Refining is nothing but purification of metals. There are various methods of refining; some of which we will discuss below.

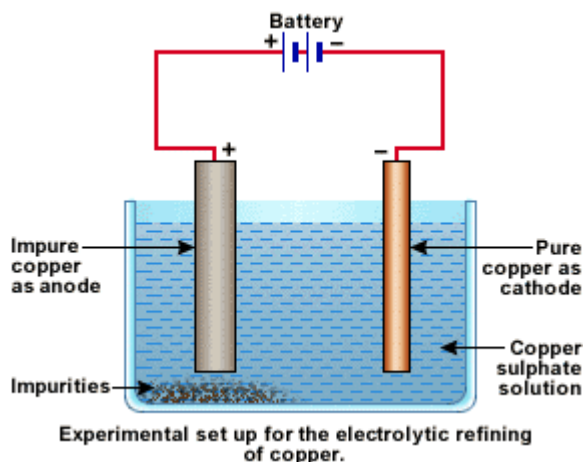
**i) Liqutation method** : In liqutation method, metals with low melting points are refined. Metals like Sn, Pb, Bi have low melting points compared to the impurities in the metal. A block of impure metal is placed on a sloping furnace. The temperature of the furnace is maintained a bit above the melting point of the metal to be refined. The metal melts and flows off the slope, it is then collected and cooled.

**ii) Distillation method** : Zn, Cd and Hg form vapours easily. They can be heated and distilled out from their impurities. Impure metal block is heated at a temperature so that the metal atoms start to evaporate. The temperature is then held constant. The vapours are condensed and separated out in a container called receiver. Non-volatile impurities are left behind in the distillation chamber.

**iii) Oxidation method** : Sometimes impurities are able to get oxidized more easily than the metal itself. In this case oxidative method is used. For example if impurities are S, C, Si or P, they can get oxidized more easily than the metal itself. For example in case of pig iron Fe, these non-metals are present as impurities. When air is passed over hot molten pig iron, these non-metals get oxidized to  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and can be removed easily.

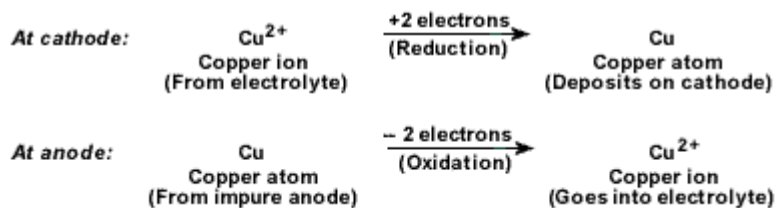
**iv) Electrolytic refining :** In this method electrolysis is used to refine metals. Metals like Cu, Zn, Sn, Pb, Ag, Au are refined by electrolysis method. In an electrolytic cell, a block of impure metal is made into the anode, a thin strip of pure metal is made into a cathode, and an electrolyte is made out of a suitable metal-salt of the metal to be refined. When an electric current is passed through the cell, ions from the anode enter the electrolyte. The same number of metal ions from the electrolyte gets deposited on the cathode. This is a preferential deposition. Impurities remain in the electrolyte. Some of the impurities may be deposited below the anode. As an example we will study electrolytic refining of copper,

Electrolytic refining of copper : In an electrolytic tank, acidified copper sulphate ( $\text{CuSO}_4 + \text{dil H}_2\text{SO}_4$ ) solution forms the electrolyte. A block of impure copper is made into an anode by connecting the positive terminal of a power supply (battery). A thin strip of highly pure copper metal is the cathode of the cell. The negative terminal of the power supply is connected to it.



A small electric current is passed through the cell. Atoms from the anode enter the electrolyte. The copper from the anode gets converted into copper sulphide. An equal number of copper atoms from the solution get deposited on the cathode. This is to keep the concentration of the solution constant. Impurities from the anode block either remain in solution or collect below the anode, as they are unable to displace copper from the sulphate solution. The impurities remain insoluble in the electrolyte and they are called anode mud.

Copper sulphate solution contains ions of  $\text{Cu}^{++}$  and  $\text{SO}_4^{--}$ . The following reactions take place at the anode and cathode when an electric current is passed.



Pure copper is scraped or removed from the cathode. Anode becomes thinner as the electrolysis process proceeds. Some important metals like gold and silver are present in the anode mud. These can be recovered separately.





## Aluminium

Aluminium has chemical symbol Al. It has 13 protons and 14 neutrons. An atom of Al is represented as  $^{27}_{13}\text{Al}$ . Al is largely separated by electrolysis method. Al is characterized as having very useful properties. It is light in weight, is a good electrical conductor, is highly malleable and highly ductile. Al is also resistant to corrosion. Alloys of Al find wide applications in various industries.

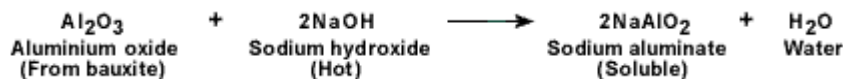
Since Al has 13 protons, it also has 13 electrons. The electronic configuration of Al is K-shell – 2 electrons, L-shell – 8 electrons and M-shell has 3 electrons. Al is placed in Group III A of the periodic table, just after magnesium. Al shows metallic properties and gives off its 3 electrons in the outermost shell easily to achieve a stable electronic configuration. It is a very reactive metal.

Al is very abundant in nature. It is the most abundant element in the earth's crust. Overall it is the third most abundant element on the earth – after oxygen and silicon. Thus it may be said that Al is the most abundant metal on the earth. Al is not found in free state, as it is a reactive metal. The ores of Al found in the earth's crust are :

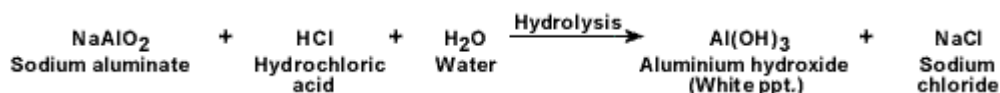
- Bauxite :  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Cryolite  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$

Apart from these ores, Al is also found in feldspar, mica, kaolin, stale and alumstone.

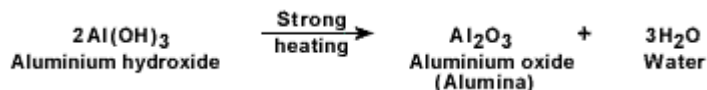
**Extraction of Al from bauxite** : The process of concentration of ore is done by chemical separation. This process is known as Bayer's process. Bauxite ore is reacted with hot NaOH. A water soluble sodium aluminate is formed. The gangue particles are usually Fe and Si that do not dissolve in NaOH. The sodium aluminate formed is removed by adding water and filtering the solution.



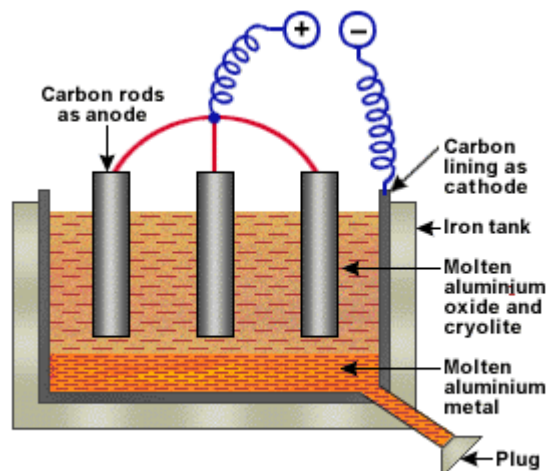
The process of conversion of the ore into metal-oxide is done in two steps. The sodium aluminate solution is diluted with HCl to form aluminium hydroxide. This separates from the solution as it precipitates out.



The aluminium hydroxide is filtered and watered several times to remove NaCl. Then the precipitate is dried and heated strongly. The heat removes water and converts the hydroxide into pure oxide. The water formed is evaporated out.



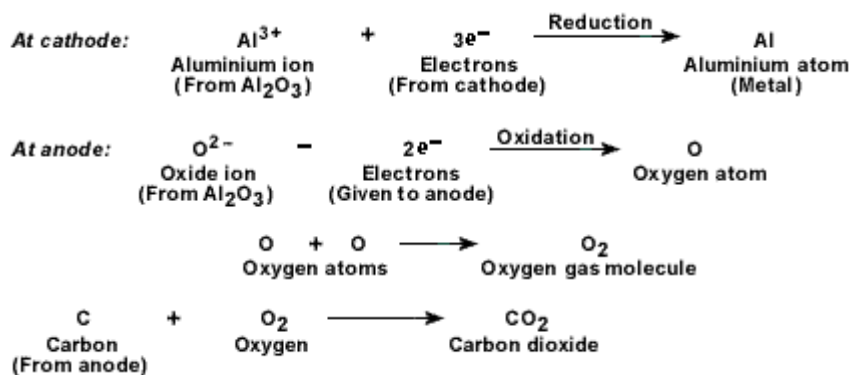
The next step of reduction of Al-oxide into pure Al is done by electrolysis. The  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is mixed with cryolite ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) and melted. This forms electrolyte of the cell. This particular process is called Hall's process.



Electrolytic cell (The Hall's process) for the extraction of aluminium.

$\text{Al}_2\text{O}_3$  is not a conductor of electricity. Cryolite is therefore added so that the electrolyte is conductor of electricity. Also cryolite has Al atoms, which can also get separated out. But in the overall reaction, the concentration of the electrolyte remains unchanged. The cell is lined with carbon that acts as a cathode. A series of carbon rods are placed which act as anodes. When electrical current is passed, Al metal is released at the cathode. Oxygen is released at the anode. Oxygen reacts with carbon anode and sometimes carbon dioxide is also released. Pure Al is heavier than the electrolyte and collects at the bottom of the tank. This is then drained off and purified.

The step by step reactions are shown below.



The Al obtained by electrolysis is more than 99% pure. Hence further purification of Al is not performed.

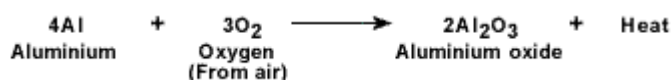
Al is not obtained from reduction of its oxide  $\text{Al}_2\text{O}_3$  because this is a very stable compound. Carbon is unable to reduce this oxide into pure Al.

**Physical properties of aluminium :** Al is a whitish metal with a blue tinge. Its density is low (2.6 gm/cc). Al is a very ductile and malleable metal. It is a good conductor of heat and electricity.

### Chemical properties of aluminium :

1. Valence : Since Al has 3 electrons in its M-shell, it gives them off easily. Al therefore has valence = 3+ .

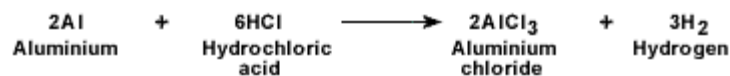
2. Action of air : Al is a reactive metal and it reacts with air. When Al is exposed to air, it reacts with oxygen to form a thin layer of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . This acts as a protective layer and stops further corrosion of Al.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is unreactive and rest of the Al remains unattacked by air. The reaction is exothermic.



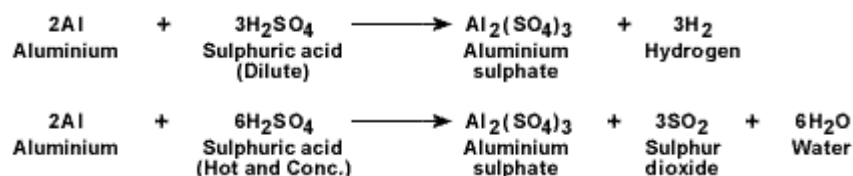
3. Action of water : Al reacts with water to form a hydroxide. The surface layer of pure Al forms the aluminium hydroxide, which acts like a protective layer for the rest of the Al. Hydrogen gas is emitted in this reaction.



4. Reaction with acids : Al reacts with HCl to form Al-chloride and releases hydrogen.

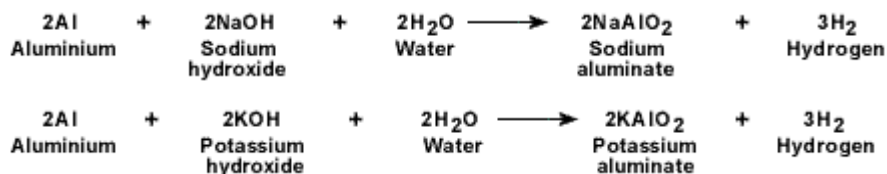


Al reacts with dilute sulphuric acid to become aluminium sulphate, releasing hydrogen. With concentrated sulphuric acid, Al reacts by releasing sulphur dioxide and water.

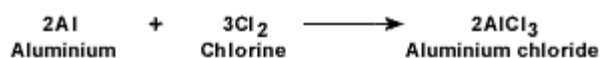


Al does not react with nitric acid to give a nitrate; since nitric acid is oxidizing, Al forms an oxide layer  $\text{Al}_2\text{O}_3$  on the surface. This oxide layer prevents more reaction. Thus Al is unreactive to nitric acid.

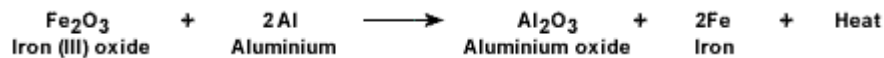
5. Action of alkalis : Al reacts with NaOH and KOH to form sodium and potassium aluminate, releasing hydrogen.



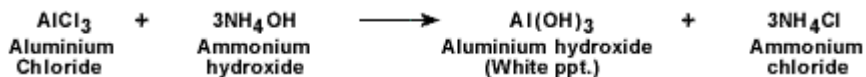
6. Reaction with chlorine : Aluminium chloride is formed when Al is heated in chlorine atmosphere. The reaction is shown below.



7. Reducing action : Al strongly attracts oxygen. Hence it is a good reducing agent. The example given below shows how Al reduces Fe (III) oxide. This is an exothermic reaction and the temperature of the reaction goes up to as much as  $3500^\circ\text{C}$ .



8. Test for aluminium : If Al is present in ionic form or salt form in a solution, it can be tested by pouring ammonium hydroxide. A white precipitate of aluminium hydroxide separates out and ammonium chloride solution remains behind. This is a practical test for the presence of Al.



#### Uses of aluminium :

- Al is used for making utensils.
- Al is used for making electric wires.
- Al foils are used for packing biscuits, medicines, milk caps, etc.
- Al alloy is used to make body parts of cars, aeroplanes, ships, trucks, etc.
- Al is used to make decorative items like photo frames, furniture, vases, etc.
- Al is a good reflector and is used for making mirrors.
- Al powder is used as a reducing agent in metallurgy.
- Al powder is used in special welding called thermite welding of iron.

## Metals and Non-Metals - Part XIII

### Iron

Iron has chemical symbol Fe. Fe has many isotopes but Fe with mass 56 is most abundant. It has 26 protons and 30 neutrons. An atom of Fe is represented as  $^{56}_{26}\text{Fe}$ . The symbol of iron is derived from its Latin name ferrum. Fe is one of the transition metals. In transition metals, electrons from few of the outer shells participate in chemical reactions. Iron is placed in the periodic table close to cobalt and nickel, as all of them show similar properties.

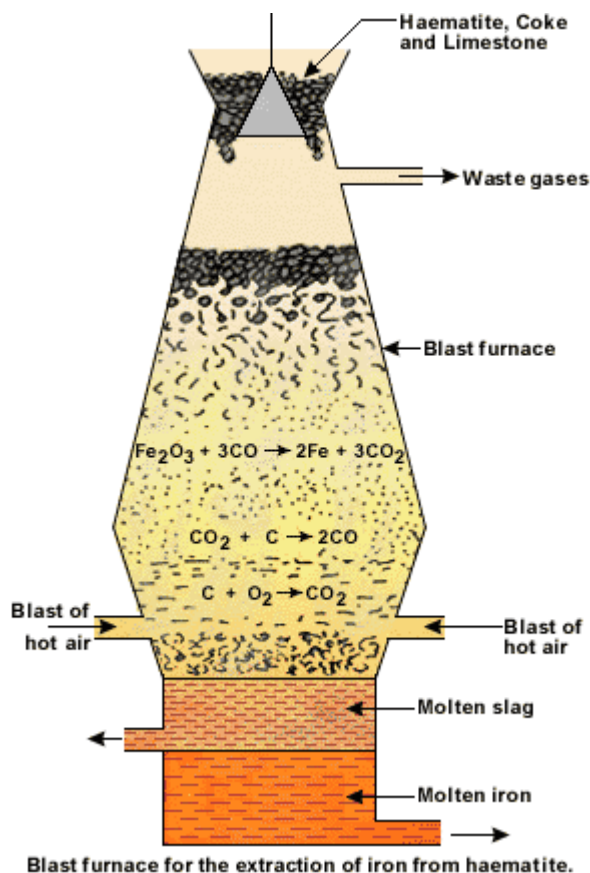
Since Fe has 26 protons, it also has 26 electrons. The electronic configuration of Fe is K-shell – 2 electrons, L-shell – 8 electrons, M-shell - 14 and N-shell has 2 electrons. Fe shows metallic properties and gives off its 2 electrons in the outermost shell easily to achieve a stable electronic configuration  $\text{Fe}^{2+}$ . Sometimes Fe gives off 2 electrons from the N-shell and 1 electron from the M-shell to become  $\text{Fe}^{3+}$  (variable valance).

Fe is a reactive metal and is not found in free state in nature. Fe ores are in the form of compounds of oxides, sulphides and carbonates. The ores found are :

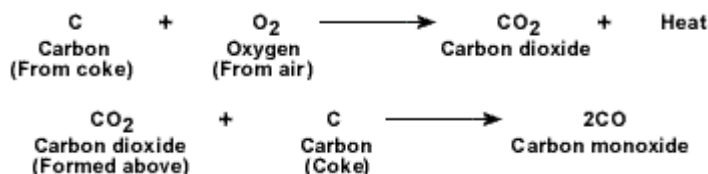
- Hematite :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
- Magnetite :  $\text{Fe}_3\text{O}_4$
- Limonite :  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Siderite :  $\text{FeCO}_3$

- Pyrite :  $\text{FeS}_2$

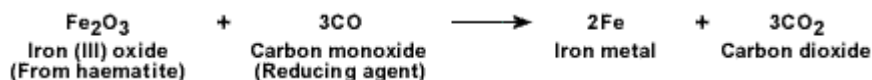
**Extraction of Fe from haematite** : The ore is concentrated by breaking the ore in smaller particles and washing in water. Sand, clay are the gangue particles which are removed. After this the ore is heated or calcined in insufficient air so that water is removed and pure oxide of the metal remains behind. The metal-oxide is then reduced by addition of coke. Generally sand or silicon dioxide is present as an impurity. To remove this, limestone or  $\text{CaCO}_3$  is added to the ore along with coke. Limestone is able to reduce  $\text{SiO}_2$ . The ore mixture is put in a blast furnace and hot air is blown from the bottom of the furnace.



The coke is first converted to carbon mono-oxide or CO. It is CO that acts as the main reducing agent. CO is formed in two steps in the blast furnace.



Reduction of Fe (III) to Fe is achieved by the following reaction.



Fe metal is a grayish liquid and flows down the blast furnace where it is collected.

The limestone or  $\text{CaCO}_3$  added in small quantities reacts in the blast furnace to become  $\text{CaO}$ . Limestone is called as flux.  $\text{CaO}$  reacts with  $\text{SiO}_2$  to form calcium silicate. This forms a fused or liquid glass like material called slag that collects at the bottom of the blast furnace. Slag floats on the molten pure iron and prevents re-oxidation of Fe.

Iron obtained from a blast furnace is called as pig iron. It has impurities such as S, C, Si or P. These can get oxidized more easily than the metal itself. When air is passed over hot molten pig iron, these non-metals get oxidized to  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and can be removed easily. Thus pig iron can be purified by the oxidation method.

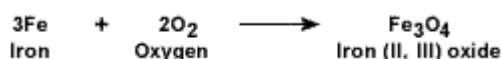
**Physical properties of iron :** Fe is a grayish white metal. Its surface may appear brown due to rust. Its density is high (7.86 gm/cc). Its melting point is  $1539^\circ\text{C}$ . Fe displays strong magnetic properties. Fe is a very ductile and malleable metal. It is a good conductor of heat and electricity.

**Chemical properties of iron :**

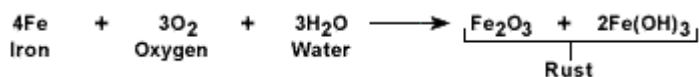
1. Valence : Fe shows **variable valance**. Since Fe has 2 electrons in its N-shell, it gives them off easily. Fe (II) (ferrous) has valence = 2+. Fe is able to show 3+ valence by emitting one electron from the M-shell. Fe (III) (ferric) has valence = 3+ .

2. Action of air : Fe is a reactive metal. But Fe does not react with air at ordinary temperatures.

When heated strongly in oxygen, Fe forms  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .



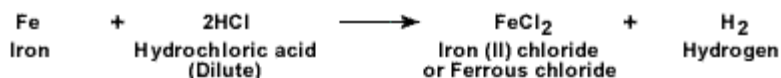
When heated in damp air, Fe forms  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  along with  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  which is rust.



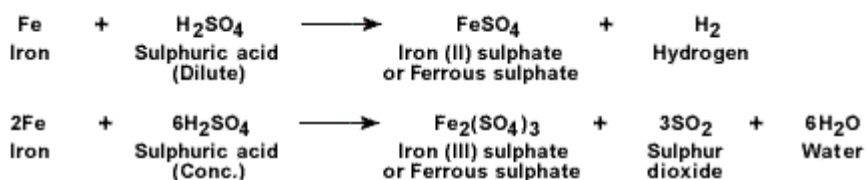
3. Action of water : Fe does not react with water to form a hydroxide at ordinary temperatures. When steam is passed over red-hot Fe, iron (II, III) oxide and hydrogen are formed. The reaction is reversible.



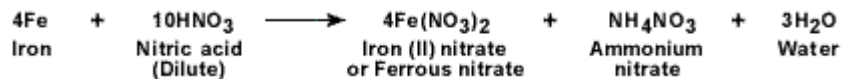
4. Reaction with acids : Fe reacts with HCl to form Fe (II)-chloride and releases hydrogen.



Fe reacts with dilute sulphuric acid to become ferrous sulphate, releasing hydrogen. With concentrated sulphuric acid, Fe reacts by releasing sulphur dioxide and water. (Conc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  is more oxidizing)



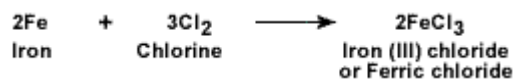
When Fe fillings are added to dilute nitric acid, the following reaction occurs.



With concentrated nitric acid, Fe forms a passive oxide layer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  on the surface. This oxide layer prevents more reaction.

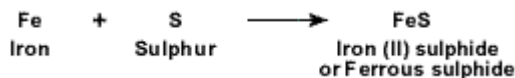
5. Action of alkalis : Pure Fe does not react with NaOH and KOH. It is unable to replace Na or K from the hydroxides.

6. Reaction with chlorine : Ferric chloride is formed when Fe is heated in chlorine atmosphere. The reaction is shown below.



7. Reducing action : Fe does not show any reducing action.

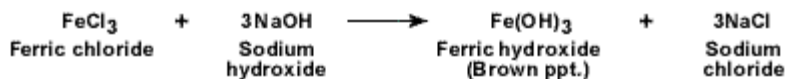
8. Reaction with sulphur : When iron filings are heated with sulphur powder, FeS that is ferrous sulphate is formed. The reaction is shown below.



9. Test for iron : If Fe is present as a ferrous (II) salt in a solution, it can be tested by pouring sodium hydroxide. A green precipitate of ferrous hydroxide separates out and sodium chloride solution remains behind. This is a practical test for the presence of Fe (II).



Pouring sodium hydroxide can test if Fe is present as a ferric (III) salt also. A brown precipitate of ferric hydroxide separates out and sodium chloride solution remains behind. This is a practical test for the presence of Fe (III).



**Rust and prevention of rust** : We have seen that Fe reacts with oxygen in air, in the presence of moisture to form ferric (III) oxide. This is rust. Thus rusting of iron is a slow oxidation process.

For prevention of rust the following can be done :

- iron surface has to be coated with paint or lacquer so that the surface is not exposed to air and moisture.
- Iron can be galvanized. A thin layer of Zn is applied on the iron surface. Zn itself gets oxidized and prevents Fe from the oxidation process.
- Iron surface can be coated with another metal like Cr, tin, Ni or Al, which are more resistant to oxidation or corrosion.
- Iron can be alloyed with Cr and Ni to obtain stainless steel that is completely rust proof.



- Iron can be coated with other iron compounds that are already in an oxidized state; these materials can be  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  or  $\text{FePO}_4$ .

**Uses of iron :**

- Fe is used for making stainless steel, which has wide applications in home and industries.
- Fe is used for making magnets which has many used.
- Fe is used for making alloys with which construction of bridges and houses are done.
- Fe alloys find use in making of nuts and bolts.

## Metals and Non-Metals - Part XIV

### Copper

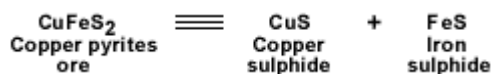
Copper has chemical symbol Cu. Cu has many isotopes but Cu with atomic mass 64 is most abundant. It has 29 protons and 35 neutrons. An atom of Cu is represented as  ${}^{64}_{29}\text{Cu}$ . The symbol of copper is derived from its Latin name cuprum. Cu is one of the transition metals, just like Fe. In transition metals, electrons from few of the outer shells participate in chemical reactions. It is placed in the periodic table after Fe, Co and Ni, as their properties are similar. Cu is non magnetic.

Since Cu has 29 protons, it also has 29 electrons. The electronic configuration of Cu is K-shell – 2 electrons, L-shell – 8 electrons, M-shell - 18 and N-shell has 1 electron. Cu shows metallic properties and gives off its 1 electron in the outermost shell easily to achieve a stable electronic configuration  $\text{Cu}^{1+}$ . Sometimes Cu gives off 2 or even 3 electrons from the M-shell to become  $\text{Cu}^{2+}$  or  $\text{Cu}^{3+}$  (variable valence).

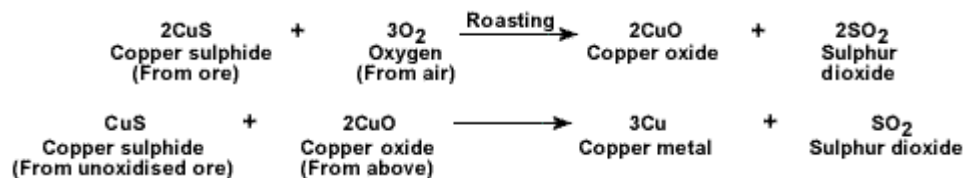
Cu is a relatively unreactive metal and is sometimes found in free state in nature. Cu ores are in the form of compounds of oxides, sulphides and carbonates. The ores found are :

- Copper pyrites :  $\text{CuFeS}_2$
- Copper glance :  $\text{Cu}_2\text{S}$
- Cuprite :  $\text{Cu}_2\text{O}$
- Malachite :  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuCO}_3$
- Azurite :  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{CuCO}_3$

They are mostly copper sulphide ores ( $\text{CuFeS}_2$ ). This ore is a mixture of iron sulphide and copper sulphide.



**Extraction of Cu from pyrites :** The ore is concentrated by breaking the ore in smaller particles. Froth floating procedure is used where pine oil is added to a tank full of powdered ore and water. The mixture is agitated by passing compressed air. Sulphide particles rise to surface with the froth. Sand, clay and other gangue particles are removed from the bottom of the tank. After this the ore is heated or roasted in sufficient air so that water is removed and pure oxide of the metal remains behind. The metal-oxide is then reduced by heating further but this time in the absence of air.



The above process is called “bessemerization” of Cu. Cu metal obtained after “bessemerization” is in a molten state. The sulphur dioxide bubbles through the molten copper and forms blisters on the surface. This remains as an impurity in the Cu metal extracted. The Cu thus has to be purified further; this is done by electrorefining or electrolytic refining.

In an electrolytic tank, acidified copper sulphate ( $\text{CuSO}_4 + \text{dil H}_2\text{SO}_4$ ) solution forms the electrolyte. A block of impure copper is made into an anode by connecting the positive terminal of a power supply (battery). A thin strip of highly pure copper metal is the cathode of the cell. The negative terminal of the power supply is connected to it. A small electric current is passed through the cell. Atoms from the anode enter the electrolyte. The copper from the anode gets converted into copper sulphide. An equal number of copper atoms from the solution get deposited on the cathode. This is to keep the concentration of the solution constant. Impurities from the anode block either remain in solution or collect below the anode, as they are unable to displace copper from the sulphate solution. The impurities remain insoluble in the electrolyte and they are called anode mud. Pure copper is scraped or removed from the cathode. Anode becomes thinner as the electrolysis process proceeds.

**Physical properties of copper :** Cu is a reddish brown metal. Its surface may appear dull due to the formation of an oxide layer. Its density is high (8.94 gm/cc). Its melting point is  $1083^\circ\text{C}$ . Cu is a very ductile and malleable metal. It is a very good conductor of heat and electricity.

**Chemical properties of copper :**

1. Valence : Cu shows variable valence. Since Cu has 1 electron in its N-shell, it gives it off easily. Monovalent Cu has valence = 1+. Cu is able to show 2+ valence by emitting one electron from the M-shell. Divalent Cu has valence = 2+. Cu forms cuprous  $\text{Cu}^{1+}$  and cupric  $\text{Cu}^{2+}$  compounds. Cu does not react easily and is the least reactive of transition metals.

2. Action of air : Cu is an unreactive metal. Cu does not react with dry air at ordinary temperatures.

When exposed to damp air Cu forms greenish coating of  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ . When Cu is heated in air or oxygen, it forms cuprous Cu (II) oxide.



3. Action of water : Cu does not react with water to form a hydroxide at ordinary temperatures. Even steam has no reaction with Cu. We can therefore conclude that Cu is resistant to water.

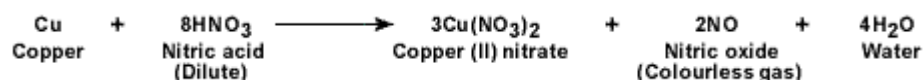
4. Reaction with acids : Cu is below H in the metal reactivity series. It therefore does not replace hydrogen in an acid and form salt, releasing hydrogen gas. Cu has no reaction with acids, especially dilute acids.

Strong acids are oxidizing agents. Cu reacts with concentrated  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and dilute as well as concentrated  $\text{H}_2\text{NO}_3$ . The reactions are shown below.

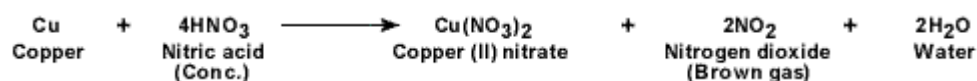
With hot concentrated sulphuric acid, Cu reacts by releasing sulphur dioxide and water.



With dilute nitric acid, Cu reacts by releasing nitric oxide and water.

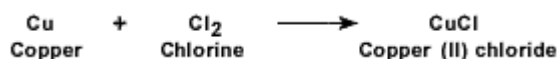


With concentrated nitric acid, Cu reacts by releasing nitrogen dioxide and water.



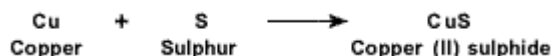
5. Action of alkalis : Pure Cu does not react with NaOH and KOH. It is unable to replace Na or K from the hydroxides.

6. Reaction with chlorine : Cuprous chloride is formed when Cu is heated in chlorine atmosphere. The reaction is shown below.

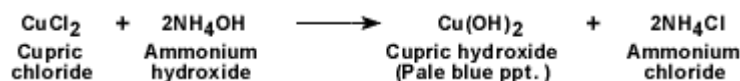


7. Reducing action : Cu does not show any reducing action.

8. Reaction with sulphur : When Cu is heated with sulphur powder, CuS, that is cupric sulphate is formed. The reaction is shown below.



9. Test for copper : If Cu is present as a cupric (II) salt form in a solution, it can be tested by pouring ammonium hydroxide. A pale blue precipitate of cupric (II) hydroxide separates out and ammonium chloride solution remains behind. This is a practical test for the presence of Cu (II).



**Uses of copper :**

- Cu is used for making household electrical wiring.
- Cu is for making cooking utensils, boilers, kettles, etc.
- Cu is used for making coins.
- Cu is not attacked by water hence it is used for making water pipes.
- Cu is used for electroplating and for making printed electronic circuit boards.
- Cu is used for making alloys such as brass, bronze and German silver. These are used for making decorative articles, attractive coatings, etc.

BAB III  
EVALUASI

## KUNCI JAWABAN

BAB IV  
PENUTUP

## DAFTAR PUSTAKA

Whitten,K.W., Davis, R.E.,Peck,M.L., 1996,General Chemistry with Qualitatif Analysis, 5<sup>th</sup> Edition, Saunders College Publishing, USA