

# MODUL 3

## LARUTAN

### A. Sifat Dasar Larutan

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen antara molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih. Disebut campuran karena susunannya atau komposisinya dapat berubah. Disebut homogen karena susunannya begitu seragam sehingga tidak dapat diamati adanya bagian-bagian yang berlainan, bahkan dengan mikroskop optis sekalipun. Fase larutan dapat berwujud gas, padat ataupun cair. Larutan gas misalnya udara. Larutan padat misalnya perunggu, amalgam dan paduan logam yang lain. Larutan cair misalnya air laut, larutan gula dalam air, dan lain-lain. Komponen larutan terdiri dari pelarut (*solvent*) dan zat terlarut (*solute*). Pada bagian ini dibahas larutan cair. Pelarut cair umumnya adalah air. Pelarut cair yang lain misalnya benzena, kloroform, eter, dan alkohol.

### B. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan menyatakan banyaknya zat terlarut dalam sejumlah tertentu larutan. Secara fisika konsentrasi dapat dinyatakan dalam % (persen) atau ppm (*part permillion*) = bpj (bagian per juta). Dalam kimia, konsentrasi larutan dinyatakan dalam molar (M), molal (m) atau normal (N).

#### Molaritas (M)

Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{volume larutan}} = \frac{\text{mol}}{L} = \frac{\text{mol}}{\text{mL}} \times 1000 \text{ mL/L}$$

#### Molalitas (m)

Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap kilo gram (1000 gram) pelarut.

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{kg pelarut}} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{1000 \text{ g pelarut}}$$

### Normalitas (N)

Normalitas menyatakan jumlah ekuivalen zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$N = \frac{\text{molekuivalen solute}}{L \text{ laruta}} = \frac{\frac{\text{massa solute}}{\text{massa ekuivalen}}}{L}$$

### Fraksi Mol (X)

Fraksi mol (X) adalah perbandingan mol salah satu komponen dengan jumlah mol semua komponen. Jika suatu larutan mengandung zat A, dan B dengan jumlah mol masing-masing  $n_A$  dan  $n_B$ , maka fraksi mol masing-masing komponen adalah:

$$X_A = \frac{n_A}{n_{tot}} \quad X_B = \frac{n_B}{n_{tot}}$$
$$n_{tot} = n_A + n_B$$
$$X_A + X_B = 1$$

### Persen Konsentrasi (%)

Dalam bidang kimia sering digunakan persen untuk menyatakan konsentrasi larutan. Persen konsentrasi dapat dinyatakan dengan persen berat (% w/w) dan persen volume (% v/v).

$$\text{Persen Berat (\% w/w)} = \frac{\text{gr zat terlarut}}{\text{gr zat terlarut} + \text{gr pelarut}} \times 100\%$$

$$\text{Persen Volume (\% v/v)} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume laruta}} \times 100\%$$

### Parts Per Million (ppm) dan Parts Per Billion (ppb)

Bila larutan sangat encer digunakan satuan konsentrasi *parts per million*, ppm (bagian persepjuta), dan *parts per billion*, ppb (bagian per miliar). Satu ppm

ekivalen dengan 1 mg zat terlarut dalam 1 L larutan. Satu ppb ekivalen dengan 1  $\mu\text{g}$  zat terlarut per 1 L larutan.

$$1 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ mg zat terlarut}}{1 \text{ L larutan}}$$
$$1 \text{ ppb} = \frac{1 \mu\text{g zat terlarut}}{1 \text{ L larutan}}$$

*Parts per million* (ppm) dan *parts per billion* (ppb) adalah satuan yang mirip persen berat. Bila persen berat, gram zat terlarut per 100 g larutan, maka ppm gram terlarut per sejuta gram larutan, dan ppb zat terlarut per miliar gram larutan.

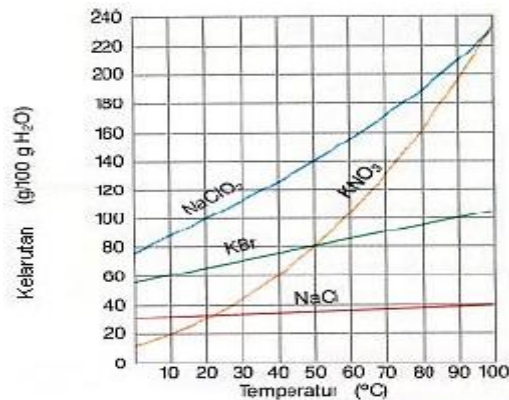
$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{berat zat terlarut}}{\text{berat larutan}} \times 10^6$$
$$1 \text{ ppb} = \frac{\text{berat zat terlarut}}{\text{berat larutan}} \times 10^9$$

### C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kelarutan

#### a. Suhu

Suhu mempengaruhi kelarutan suatu zat. Bayangkan dalam gedung bioskop yang banyak penonton sedang asyik menonton film dan tiba-tiba gedung tersebut terbakar. Pasti keadaan orang-orang tersebut akan berbeda, dari keadaan tenang menjadi saling berdesakan dan menyebar. Demikian pula pada suhu tinggi partikel-partikel akan bergerak lebih cepat dibandingkan pada suhu rendah. Akibatnya kontak antara zat terlarut dengan pelarut menjadi lebih sering dan efektif. Hal ini menyebabkan zat terlarut menjadi lebih mudah larut pada suhu tinggi.

Perhatikan Gambar 3.1, terlihat kelarutan  $\text{KNO}_3$  sangat berpengaruh oleh kenaikan suhu, sedangkan  $\text{KBr}$  kecil sekali. Jika campuran ini dimasukkan air panas, maka kelarutan  $\text{KNO}_3$  lebih besar daripada  $\text{KBr}$  sehingga  $\text{KBr}$  lebih banyak mengkristal pada suhu tinggi, dan  $\text{KBr}$  dapat dipisahkan dengan menyaring dalam keadaan panas.



Gambar 3.1 Kelarutan beberapa senyawa dalam air pada temperatur antara 0°C sampai 100°C

Jika kelarutan zat padat bertambah dengan kenaikan suhu, maka kelarutan gas berkurang bila suhu dinaikkan, karena gas menguap dan meninggalkan pelarut. Ikan akan mati dalam air panas karena kelarutan oksigen berkurang. Minuman akan mengandung CO<sub>2</sub> lebih banyak bila disimpan dalam lemari es dibandingkan di udara terbuka.

b. Pengadukan

Pengadukan juga menentukan kelarutan zat terlarut. Semakin banyak jumlah pengadukan, maka zat terlarut umumnya menjadi lebih mudah larut.

c. Luas Permukaan Sentuhan

Zat Kecepatan kelarutan dapat dipengaruhi juga oleh luas permukaan (besar kecilnya partikel zat terlarut). Luas permukaan sentuhan zat terlarut dapat di diperbesar melalui proses pengadukan atau penggerusan secara mekanis. Gula halus lebih mudah larut daripada gula pasir. Hal ini karena luas bidang sentuh gula halus lebih luas dari gula pasir, sehingga gula halus lebih mudah berinteraksi dengan air.

#### D. Cara membuat larutan dengan konsentrasi tertentu

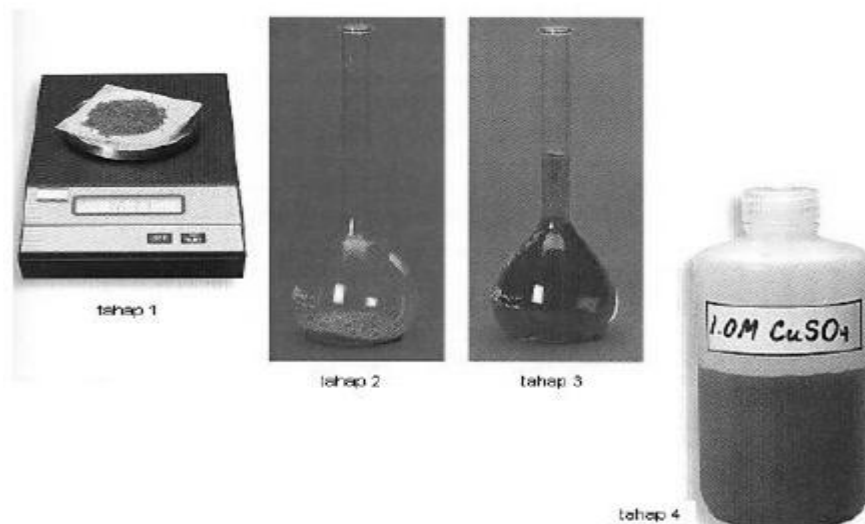
Misalnya larutan yang akan dibuat adalah CuSO<sub>4</sub> dengan molaritas 1 M sebanyak 250 mL. Terlebih dahulu kita harus menghitung massa CuSO<sub>4</sub> yang terlarut dalam larutan tersebut, dengan cara sebagai berikut (gambar 3.2) :

Mol  $\text{CuSO}_4 = 0,1 \text{ M} \times 0,25 \text{ L} = 0,025 \text{ mol}$

Massa  $\text{CuSO}_4 = 0,025 \times \text{Mr } \text{CuSO}_4 = 0,025 \times 160 = 4 \text{ gram.}$

Kemudian lakukan beberapa tahap berikut:

Tahap 1.	Timbang massa $\text{CuSO}_4$ tersebut sebanyak 4 gram.
Tahap 2.	Masukkan dalam labu ukur 250 mL yang sebelumnya sudah diberi sedikit aquades
Tahap 3.	Masukkan sedikit aquades, kocok hingga $\text{CuSO}_4$ larut. Tambahkan aquades hingga tepat 250 mL menggunakan pipet tetes. Kocok lagi sampai homogen.
Tahap 4.	Masukkan larutan $\text{CuSO}_4$ 1 M ke dalam botol reagen

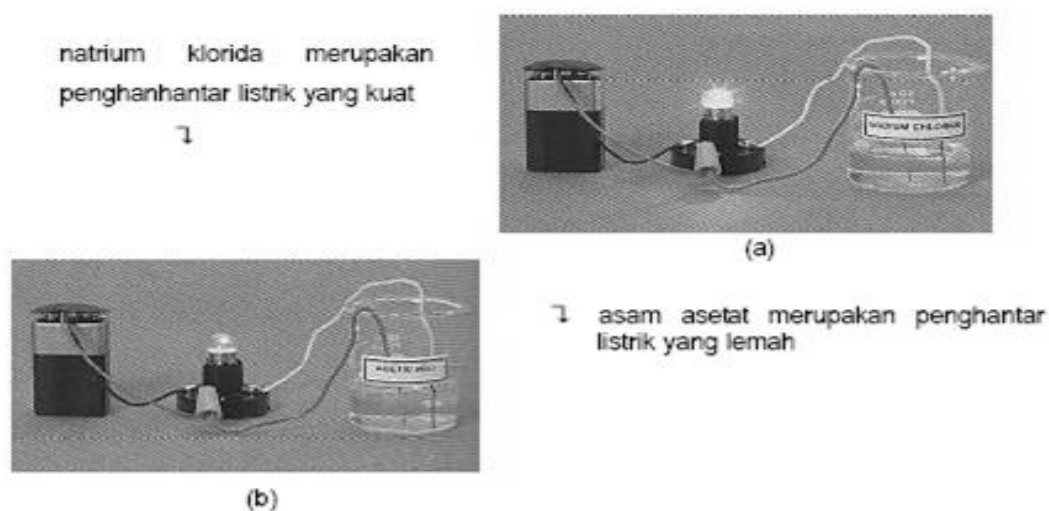


Gambar 3.2 Proses pembuatan larutan  $\text{CuSO}_4$  1,0 M

## E. Larutan Elektrolit

Larutan yang bisa menghantarkan arus listrik disebut larutan **elektrolit**, dan yang tidak bisa menghantarkan disebut larutan non elektrolit. Daya hantar listrik larutan elektrolit bergantung pada jenis dan konsentrasinya. Beberapa larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik dengan baik meskipun konsentrasinya kecil, larutan ini dinamakan elektrolit kuat. Sedangkan larutan elektrolit yang mempunyai daya hantar lemah meskipun konsentrasinya tinggi dinamakan elektrolit lemah.

Perhatikan hasil uji elektrolit yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Pada larutan elektrolit lampu yang digunakan menyala dan timbul gas pada elektrodanya. Beberapa larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik dengan baik sehingga lampu menyala terang dan gas yang terbentuk relatif banyak (Gambar 3.3 a). Larutan ini dinamakan elektrolit kuat, beberapa elektrolit yang lain dapat menghantarkan listrik tetapi kurang baik, sehingga lampu nyala, redup atau bahkan tidak menyala dan gas yang terbentuk relatif sedikit. (Gambar 3.3 b). Dari uraian di atas kita dapat golongkan larutan elektrolit menjadi dua macam, yaitu elektrolit kuat dan elektrolit lemah.



Gambar 3.3 Perbedaan larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah

## F. Sifat Koligatif Larutan

Sifat koligatif larutan adalah sifat larutan yang tidak tergantung pada macamnya zat terlarut tetapi semata-mata hanya ditentukan oleh banyaknya zat terlarut (konsentrasi zat terlarut).

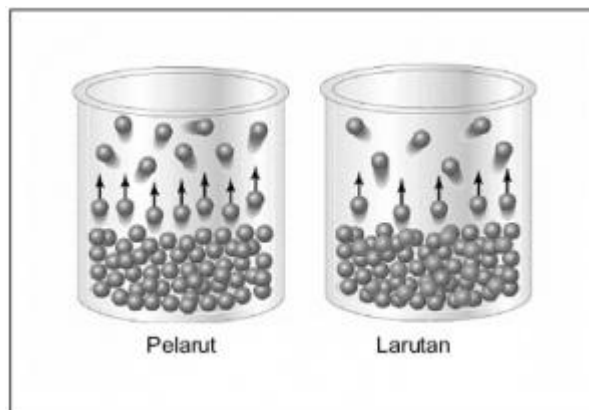
Apabila suatu pelarut ditambah dengan sedikit zat terlarut maka akan didapat suatu larutan yang mengalami:

1. Penurunan tekanan uap jenuh
2. Kenaikan titik didih
3. Penurunan titik beku
4. Tekanan osmosis

Banyaknya partikel dalam larutan ditentukan oleh konsentrasi larutan dan sifat larutan itu sendiri. Jumlah partikel dalam larutan non elektrolit tidak sama dengan jumlah partikel dalam larutan elektrolit, walaupun konsentrasi keduanya sama. Hal ini dikarenakan larutan elektrolit terurai menjadi ion-ionnya, sedangkan larutan non elektrolit tidak terurai menjadi ion-ion. Dengan demikian sifat koligatif larutan dibedakan atas sifat koligatif larutan non elektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit.

### 1. Penurunan Tekanan Uap Jenuh

Pada setiap suhu, zat cair selalu mempunyai tekanan tertentu. Tekanan ini adalah tekanan uap jenuhnya pada suhu tertentu. Penambahan suatu zat ke dalam zat cair menyebabkan penurunan tekanan uapnya. Hal ini disebabkan karena zat terlarut itu mengurangi bagian atau fraksi dari pelarut, sehingga kecepatan penguapan berkurang.



Gambar 3.4. Penurunan Tekanan Uap

Menurut Roulton :

$$p = p^{\circ} \cdot X_B$$

keterangan:

$p$  : tekanan uap jenuh larutan

$p^{\circ}$  : tekanan uap jenuh pelarut murni

$X_B$  : fraksi mol pelarut

Karena  $X_A + X_B = 1$ , maka persamaan di atas dapat diperluas menjadi :

$$P = P^{\circ} (1 - X_A)$$

$$P = P^{\circ} - P^{\circ} \cdot X_A$$

$$P^{\circ} - P = P^{\circ} \cdot X_A$$

Sehingga :

$$\Delta P = p^{\circ} \cdot X_A$$

keterangan:

$\Delta P$  : penurunan tekanan uap jenuh pelarut

$p^{\circ}$  : tekanan uap pelarut murni

$X_A$  : fraksi mol zat terlarut

### Contoh :

Hitunglah penurunan tekanan uap jenuh air, bila 45 gram glukosa ( $M_r = 180$ ) dilarutkan dalam 90 gram air ! Diketahui tekanan uap jenuh air murni pada  $20^{\circ}\text{C}$  adalah 18 mmHg.

Jawab :

$$\text{mol glukosa} = \frac{45}{180} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\text{mol air} = \frac{90}{18} = 5 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{fraksi mol glukosa} &= \frac{0,25}{0,25 + 5} \\ &= 0,048 \end{aligned}$$

Penurunan tekanan uap jenuh air :

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^{\circ} \cdot X_A \\ &= 18 \times 0,048 \\ &= 0,864 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

## 2. Kenaikan Titik Didih

Adanya penurunan tekanan uap jenuh mengakibatkan titik didih larutan lebih tinggi dari titik didih pelarut murni. Untuk larutan non elektrolit kenaikan titik didih dinyatakan dengan:

$$\Delta T_b = m \cdot K_b$$

keterangan:

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih ( $^{\circ}\text{C}$ )

$m$  = molalitas larutan



$K_b$  = tetapan kenaikan titik didihmolal

$$\text{karena } m = \left( \frac{W}{Mr} \right) \left( \frac{1000}{p} \right);$$

(W menyatakan massa zat terlarut), maka kenaikan titik didih larutan dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta T_b = \left( \frac{W}{Mr} \right) \left( \frac{1000}{p} \right) K_b$$

Apabila pelarutnya air dan tekanan udara 1 atm, maka titik didih larutan dinyatakan sebagai :

$$T_b = (100 + \Delta T_b) ^\circ\text{C}$$

### 3. Penurunan Titik Beku

Untuk penurunan titik beku persamaannya dinyatakan sebagai:

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= m \cdot K_f \\ &= \left( \frac{W}{Mr} \right) \left( \frac{1000}{p} \right) K_f \end{aligned}$$

Keterangan:

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku

m = molalitas larutan

$K_f$  = tetapan penurunan titik beku molal

W = massa zat terlarut

Mr = massa molekul relatif zat terlarut

p = massa pelarut

Apabila pelarutnya air dan tekanan udara 1 atm, maka titik beku larutannya dinyatakan sebagai:

$$T_f = (0 - \Delta T_f) ^\circ\text{C}$$

Contoh :

Berapakah titik didih dan titik beku larutan 3 m gula? ( $K_f = 1,86$ ;  $K_b=0,52$ )

Jawab:

### **Pengukuran titik didih**

Apabila terdapat zat terlarut di dalam suatu larutan maka titik didih larutan akan naik sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta T_b = m \cdot K_b \cdot i$$

3 m Gula  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , gula tidak terionisasi dalam air sehingga nilai  $i$  nya adalah 1 maka titik bekunya adalah:

$$\Delta T_b \text{ gula} = m \cdot K_f \cdot i = 3 \times 0,52 \times 1 = 1,56$$

Titik didih larutan 3 m gula adalah  $100 + 1,56 = 101,56 \text{ }^\circ\text{C}$

### **Pengukuran titik beku**

Apabila terdapat zat terlarut di dalam suatu larutan maka titik beku larutan akan turun sesuai dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta T_f = m \cdot K_f \cdot i$$

dimana  $i$  adalah faktor Van Hoff yaitu menyatakan berapa banyak zat terlarut membentuk ion dalam larutan (untuk larutan elektrolit).

3 m Gula  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , gula tidak terionisasi dalam air sehingga nilai  $i$  nya adalah 1 maka titik bekunya adalah:

$$\Delta T_f \text{ gula} = m \cdot K_f \cdot i = 3 \times 1,86 \times 1 = 5,58$$

Titik beku larutan 3m gula adalah  $0 - 5,58 = -5,58 \text{ }^\circ\text{C}$

## **4. Tekanan Osmosis**

Tekanan osmosis adalah tekanan yang diberikan pada larutan yang dapat menghentikan perpindahan molekul-molekul pelarut ke dalam larutan melalui membran semi permeabel (proses osmosis) seperti ditunjukkan pada.

Menurut Van't hoff tekanan osmosis mengikuti hukum gas ideal:

$$PV = nRT$$

Karena tekanan osmosis =  $\Pi$ , maka :

$$\boxed{\Pi = \frac{n}{VRT} = CRT}$$

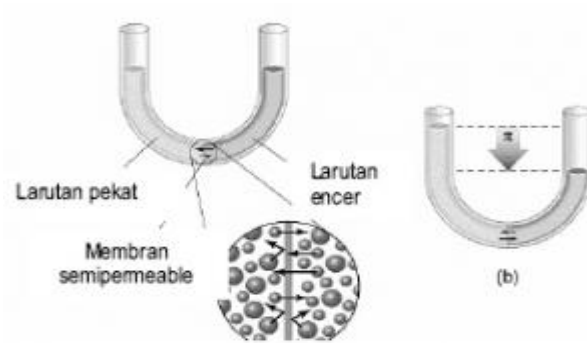
Keterangan:

$\pi^\circ$  = tekanan osmosis (atmosfir)

C = konsentrasi larutan (M)

R = tetapan gas universal. = 0,082 L.atm/mol K

T = suhu mutlak (K)



Gambar 3.5 Mekanisme tekanan osmosis

Keterangan:

- Larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih rendah dari yang lain disebut larutan Hipotonis.
- Larutan yang mempunyai tekanan lebih tinggi dari yang lain disebut larutan Hipertonis.
- Larutan yang mempunyai tekanan osmosis sama disebut Isotonis.

Contoh :

Berapakah tekanan osmosis pada 25°C dari larutan berair 0,001 M  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ?

Jawab :

$$\pi = M R T$$

$$\pi = 0,001 \times 0,082 \times 298 = 0,024 \text{ atm}$$

**Latihan Soal :**

1. Hitunglah tekanan uap jenuh air, bila 21,8 gram urea ( $M_r = 60$ ) dilarutkan dalam 525 gram air ! Diketahui tekanan uap jenuh air murni pada 25°C adalah 23,8 mmHg.

2. Tentukan titik beku larutan yang mengandung 0,05 mol gula dalam 500 gram air! ( $K_f=1,86$ )
3. Suatu senyawa sebanyak 24 gram dilarutkan dalam 1200 gram air. Titik didih larutan  $100,20^\circ\text{C}$ . Tentukan Mr senyawa tersebut!
4. Suatu senyawa sebanyak 15 gram ditambah air sehingga volumenya 1 liter. Pada suhu  $10^\circ\text{C}$  mempunyai tekanan osmosis 1,02 atm. Hitunglah Mr senyawa tersebut!
5. Hitung fraksi mol zat terlarut bila 234 g NaCl dilarutkan dalam 6 kg air !  
(Ar Na 23, Ar Cl = 35,5)
6. Dalam suatu ruangan terdapat 7 g  $\text{N}_2$ , 0,1 g  $\text{H}_2$ , 1,6  $\text{O}_2$ . Hitung fraksi mol ketiga komponen tsb!
7. 34,2 sukrosa ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) dilarutkan dalam air sehingga volume larutan 500 ml. Tentukan M!
8. Berapakah soda kue ( $\text{NaHCO}_3$ ) yang diperlukan untuk membuat 300 ml larutan  $\text{NaHCO}_3$  0,35 M!
9. Berapa massa 1,25 m larutan  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam air dapat dibuat dengan 50 gr  $\text{CH}_3\text{OH}$ ?

# MODUL 4

## ELEKTROKIMIA

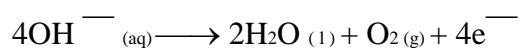
**Elektrokimia** merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antara perubahan (reaksi) kimia dengan kerja listrik, biasanya melibatkan sel elektrokimia yang menerapkan prinsip reaksi redoks dalam aplikasinya. Sel elektrokimia dibagi menjadi dua jenis yaitu : sel elektrolisis dan sel Galvani.

### 1. Elektrolisis

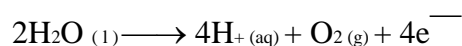
Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Elektroda tersebut adalah katoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif) dan anoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif).

Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya berkurang sehingga bilangan oksidasinya bertambah.

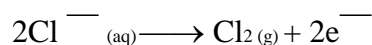
a. Ion  $\text{OH}^-$  dioksidasi menjadi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$ . Reaksinya:



b. Ion sisa asam yang mengandung oksigen (misalnya  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) tidak dioksidasi, yang dioksidasi air. Reaksinya:

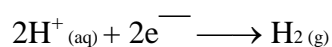


c. Ion sisa asam yang lain dioksidasi menjadi molekul. Contoh:

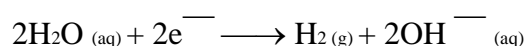


Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang.

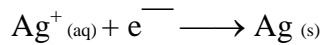
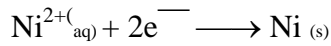
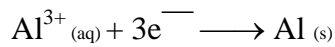
a. Ion  $\text{H}^+$  direduksi menjadi  $\text{H}_2$ . Reaksinya:



b. Ion logam alkali (IA) dan alkali tanah (IIA) tidak direduksi, yang direduksi air.

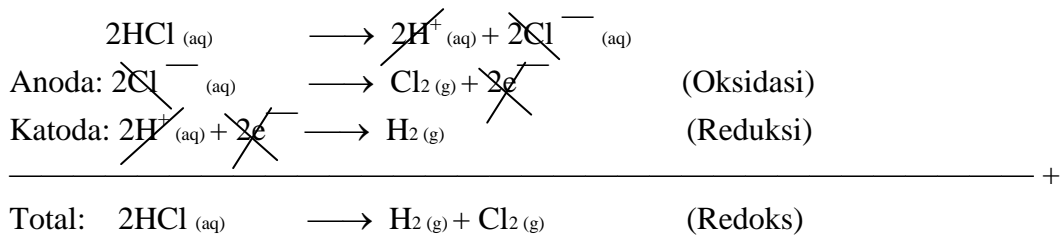


c. Ion logam lain (misalnya  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$  dan lainnya) direduksi. Contoh:



Contoh elektrolisis:

Elektrolisis larutan HCl dengan elektroda Pt, reaksinya:



Proses elektrolisis dalam industri misalnya:

- Penyepuhan (melapisi logam dengan logam lebih mulia misal Ni, Cr, atau Au).
- Pemurnian logam (misal Ag, Cu, Au).
- Pembuatan senyawa (misal NaOH) atau gas (misal  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ).

## 2. Hukum Faraday

Akibat aliran arus listrik searah ke dalam larutan elektrolit akan terjadi perubahan kimia dalam larutan tersebut. Menurut Michael Faraday (1834) lewatnya arus 1 F mengakibatkan oksidasi 1 massa ekuivalen suatu zat pada suatu elektroda (anoda) dan reduksi 1 massa ekuivalen suatu zat pada elektroda yang lain (katoda).

**Hukum Faraday I:** Massa zat yang timbul pada elektroda karena elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang mengalir melalui larutan.

$$w \sim Q$$

$w$  = massa zat yang diendapkan (g).

$$w \sim I.t$$

$Q$  = jumlah arus listrik = muatan listrik (C)

$$w = e.I.t$$

$e$  = tetapan = (gek : F)

$$= \frac{\text{gek } I \cdot t}{\mathbf{F}}$$

$I$  = kuat arus listrik (A).

$t$  = waktu (dt).

gek = massa ekuivalen zat (gek).

$$= \frac{\text{Ar.I.t}}{n.F}$$

Ar = massa atom relatif.

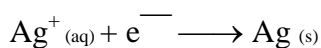
n = valensi ion.

F = bilangan faraday = 96 500 C.

Massa ekivalen = massa zat yang sebanding dengan 1 mol elektron =  $6,02 \times 10^{23} e^-$

1 gek  $\sim$  1 mol  $e^-$

Jika arus listrik 1 F dialirkan ke dalam larutan  $\text{AgNO}_3$  maka akan diendapkan 1 gram ekivalen Ag.

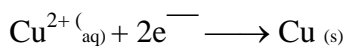


1 mol  $e^- \sim$  1 mol Ag  $\sim$  1 gram ekivalen Ag

Untuk mendapatkan 1 gram ekivalen Ag diperlukan 1 mol  $e^-$

1 gram ekivalen Ag = 1 mol  $e^-$  = 1 mol Ag = 108 gram Ag

Jika listrik 1 F dialirkan ke dalam larutan  $\text{CuSO}_4$  maka akan diendapkan 1 gek Cu.



2 mol  $e^- \sim$  1 mol Cu

1 mol  $e^- \sim .$  mol Cu

1 gek Cu = 1 mol  $e^-$  =  $1/2$  mol Cu =  $(1/2 \times 64)$  gram Cu = 32 gram Cu

Q = banyaknya arus listrik yang dialirkan (Coulomb) = I . t (Ampere.detik)

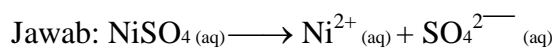
Muatan 1  $e^-$  =  $1,6 \times 10^{-19}$  C

Muatan 1 mol  $e^-$  =  $(6,02 \times 10^{23}) \times (1,6 \times 10^{-19})$  C

$\approx 96\,500$  C = 1 F

Contoh soal:

1. Berapa gram Ni yang diendapkan pada elektrolisis larutan  $\text{NiSO}_4$  dengan arus listrik 24125 C ?



$$w = \frac{59 \text{ g/mol} \times 24\,125 \text{ C}}{2 \times 96\,500 \text{ C/mol}} = 7,375 \text{ g}$$

2. Bila arus 20 A dialirkan melalui leburan kriolit yang mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  selama 50 menit, berapa gram Al yang terbentuk dan berapa liter gas  $\text{O}_2$  yang timbul jika diukur pada keadaan standar (STP) ?

Jawab:

$$\text{massa Al} = \frac{27 \text{ g/mol} \times 20 \text{ A} \times 50 \text{ menit} \times 60 \text{ dt/menit}}{3 \times 96\,500 \text{ C/mol}} = 5,60 \text{ g}$$

$$\text{massa O} = \frac{16 \text{ g/mol} \times 20 \text{ A} \times 50 \text{ menit} \times 60 \text{ dt/menit}}{2 \times 96\,500 \text{ C/mol}} = 4,97 \text{ g}$$

Volume gas pada keadaan STP = 22,4 L/mol

$$\text{Volume O}_2 = \frac{4,97 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} \times 22,4 \text{ L/mol} = 3,48 \text{ L}$$

**Hukum Faraday II:** Massa dari bermacam-macam zat yang timbul pada elektrolisis dengan jumlah listrik sama, berbanding lurus dengan massa ekivalennya.

Contoh:

Jika arus 1 F dialirkan ke dalam tiga larutan, yaitu  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{AuCl}_3$  dan  $\text{AgNO}_3$ , maka perbandingan

massa Cu : Au : Ag sesuai dengan perbandingan massa ekivalennya, yaitu:

$$W_{\text{Cu}} : W_{\text{Au}} : W_{\text{Ag}} = \frac{A_r \text{ Cu}}{n_{\text{Cu}}} : \frac{A_r \text{ Au}}{n_{\text{Au}}} : \frac{A_r \text{ Ag}}{n_{\text{Ag}}}$$

$$= \frac{64}{2} : \frac{197}{3} : \frac{108}{1} = 96 : 197 : 324$$

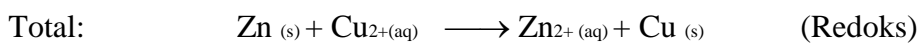
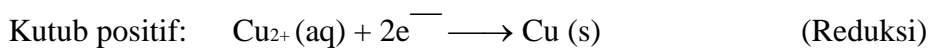
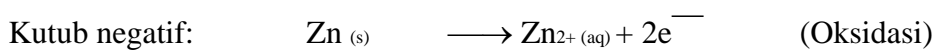
### 3. Sel Galvani

Pada elektrolisis, energi listrik diubah menjadi energi kimia. Pada sel galvani terjadi sebaliknya, yaitu energi kimia diubah menjadi energi listrik. Sel Galvani disebut juga sel kimia. Sel Galvani dipakai sebagai sumber listrik untuk penerangan, pemanasan, menjalankan motor, dan sebagainya. Sel Galvani atau sel kimia dapat dibedakan menjadi sel kimia dengan transference dan sel kimia tanpa transference.



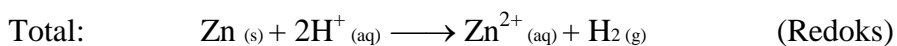
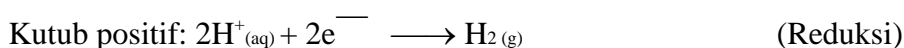
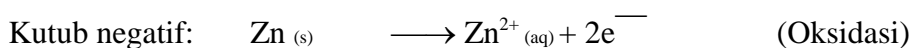
**a. Sel kimia dengan transference**

Sel kimia dengan transference contohnya sel Daniell. Sel Daniell terdiri atas batang Zn dalam larutan ZnSO<sub>4</sub>, dan batang Cu dalam larutan CuSO<sub>4</sub> pekat. Di antara kedua larutan yang terpisah tersebut terdapat penghubung atau transference yang berupa *liquid junction* atau jembatan garam (*salt bridge*). Jika elektroda Zn dan Cu dihubungkan, maka terjadi arus listrik akibat reaksi oksidasi Zn dan reduksi ion Cu<sup>2+</sup> dalam larutan. Potensial listrik atau voltage (E) yang dihasilkan ± 1,1 volt. Reaksinya:

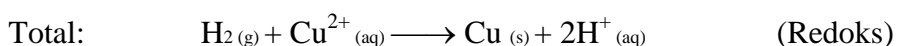
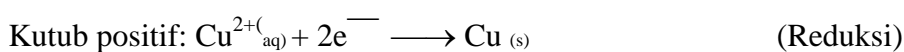
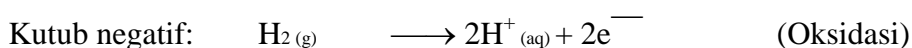


Jika logam Zn dimasukkan langsung ke dalam larutan CuSO<sub>4</sub> maka terjadi reaksi transfer elektron langsung, dalam hal ini tidak menghasilkan energi listrik. Suatu elektroda dalam sel Galvani dapat merupakan kutub positif atau negatif, tergantung elektroda lainnya. Misalnya elektroda hidrogen dalam larutan dengan aktivitas H<sup>+</sup> = 1 merupakan kutub positif bila dihubungkan dengan elektroda Zn dalam larutan Zn<sup>2+</sup> dengan aktivitas Zn<sup>2+</sup> = 1,

Reaksinya adalah:



Elektroda hidrogen dalam larutan dengan aktivitas H<sub>+</sub> = 1 merupakan kutub negatif bila dihubungkan dengan elektroda Cu dalam larutan Cu<sup>2+</sup> dengan aktivitas Cu<sup>2+</sup> = 1.



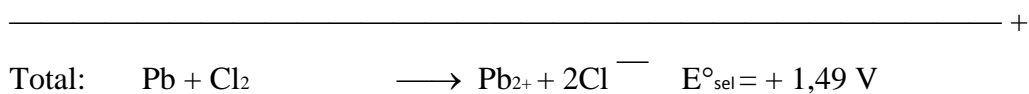
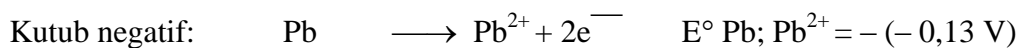
Harga potensial oksidasi-reduksi biasanya dinyatakan sebagai potensial reduksi standar, yaitu potensial reduksi bila pereaksi dan hasil reaksi mempunyai aktivitas satu dan sukar tereduksi (artinya mudah teroksidasi).

Misalnya sel kimia yang terdiri dari elektroda Pb dan Cl<sub>2</sub>. Besarnya E° Pb/Pb<sup>2+</sup> = + 0,13 volt dan E° Cl<sub>2</sub>/Cl<sup>-</sup> = + 1,36 volt. Potensial sel adalah positif, sehingga elektrode Pb sebagai kutub negatif.

Sel kimia ini dapat dituliskan:



Garis // menyatakan bahwa kedua elektrolit dihubungkan dengan *liquid junction* atau jembatan garam (*salt bridge*). Reaksi sel dan beda potensial sel dapat dicari seperti berikut:



Jadi besarnya E°<sub>sel</sub> = E°<sub>oksidasi</sub> kutub negatif + E°<sub>reduksi</sub> kutub positif

$$= -E^{\circ}_{\text{reduksi}} \text{ kutub negatif} + E^{\circ}_{\text{reduksi}} \text{ kutub positif}$$

$$= E^{\circ}_{\text{reduksi}} \text{ kutub positif} - E^{\circ}_{\text{reduksi}} \text{ kutub negatif}$$

Contoh soal:

Hitunglah E°<sub>sel</sub> untuk reaksi: Zn / Zn<sup>2+</sup> (a = 1) // Pb<sup>2+</sup> (a = 1) / Pb

$$\text{Jawab: } E^{\circ}_{\text{sel}} = E^{\circ} \text{ Zn/Zn}^{2+} + E^{\circ} \text{ Pb}^{2+}/\text{Pb}$$

$$= -(-0,76 \text{ V}) + (-0,13 \text{ V}) = + 0,63 \text{ V}$$

### b. Sel kimia tanpa *transference*

Sel kimia tanpa *transference* contohnya sel *accu*, sel *Leclanche*, dan sel bahan bakar.

#### 1). Sel *Accu*

Pada sel *accu*, sebagai kutub negatif adalah logam Pb, kutub positif adalah logam Pb dilapis PbO<sub>2</sub> dan elektrolitnya adalah larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Setiap pasang sel menghasilkan *voltage* (E) sebesar ± volt.

2). Sel *Leclanche* (sel kering)

Sel *Leclanche* contohnya batu baterai. Pada batu baterai biasa, sebagai kutub negatif adalah logam Zn, kutub positif adalah batang grafit (C) dibungkus MnO<sub>2</sub> dan elektrolitnya adalah pasta NH<sub>4</sub>Cl dan ZnCl<sub>2</sub>. Potensial listrik (*Voltage*) yang dihasilkan ± 1,5 volt.

3). Sel bahan bakar (*fuel cell*)

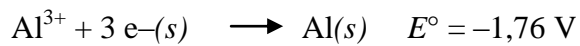
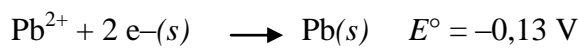
Sel bahan bakar biasanya menggunakan oksigen pada katoda dan suatu gas yang dapat dioksidasi pada anoda, biasanya gas hidrogen.

Sel bahan bakar sudah banyak dikembangkan sebagai sumber penghasil listrik yang sangat bersih, ramah lingkungan, aman dan mempunyai resiko yang sangat kecil. Penggunaannya antara lain untuk keperluan di rumah sakit, rumah perawatan, hotel, perkantoran, sekolah, bandar udara, dan penyedia tenaga listrik, misalnya pembangkit tenaga listrik dalam pesawat ruang angkasa. Di Amerika, Eropa, dan Jepang sudah dikembangkan mobil ramah lingkungan yang menggunakan sel bahan bakar. Sebagai bahan bakar utamanya adalah gas hidrogen yang disimpan dalam tangki bahan bakar dan diberi tekanan yang tinggi sehingga mencair. Gas hidrogen dialirkan ke anoda dan pada katoda dialirkan gas oksigen yang diperoleh dari udara.

### SOAL LATIHAN

1. Larutan ZnSO<sub>4</sub> dielektrolisis menggunakan arus listrik 0,1 A selama 1 jam.
  - a). Tuliskan reaksi yang terjadi !
  - b). Berapa gram Zn yang diendapkan pada katoda? (Ar Zn = 65)
2. Berapa gram Ni yang diendapkan pada elektrolisis larutan NiSO<sub>4</sub> jika digunakan arus listrik 20 000 C ? (Ar Ni = 59)
3. Berapa waktu yang diperlukan untuk elektrolisis larutan AgNO<sub>3</sub> menggunakan arus listrik 0,1 A agar diperoleh 0,1 gram endapan Ag ? (Ar Ag = 108)
4. Berapa waktu yang diperlukan untuk elektrolisis 10 mL larutan AgNO<sub>3</sub> 0,01 M menggunakan arus listrik 0,1 A sampai elektrolisis berhenti karena semua perak telah mengendap ? (Ar Ag = 108)

5. Jika campuran larutan  $\text{CuSO}_4$  dan  $\text{NiSO}_4$  dielektrolisis sehingga dihasilkan 1 gram endapan, maka berapa gram Cu dan berapa gram Ni yang telah diendapkan dari larutan tersebut ? (Ar Cu = 63,5. Ar Ni = 59)
6. Larutan  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{AuCl}_3$ , dan  $\text{AgNO}_3$  yang terpisah masing-masing dielektrolisis dengan arus listrik 0,1 A dalam waktu yang sama. Jika Cu yang diendapkan sebanyak 0,1 gram, maka masing-masing berapa gram Au dan Ag yang diendapkan ?
7. Diketahui:



Sel volta yang disusun menggunakan elektrode Pb dan Al akan memiliki potensial sel sebesar ....

8. Diketahui:



Besarnya potensial sel yang ditimbulkan oleh reaksi:



