

**Nyatakan tiga kegunaan elektrolisis.**

**Namakan proses yang digunakan dalam pengolahan air sisa dengan mengaplikasikan elektrolisis.**

**Berikan satu contoh buah dan satu contoh bahagian tumbuhan yang dapat digunakan untuk membina sel kimia yang menghasilkan tenaga elektrik.**

**Marilah kita mengkaji**

- Sel elektrolitik
- Sel kimia

Kejayaan dalam bidang automobil elektrik seperti kereta elektrik berkait rapat dengan perkembangan dan kemajuan teknologi bateri.

Antara sifat bateri kereta yang unggul termasuklah keupayaan menghasilkan dan menyimpan tenaga yang banyak, kadar mengemas bateri yang lebih tinggi, tahan lama, ringan dan selamat digunakan pada suhu tinggi atau rendah tanpa meletup. Apakah kelebihan bateri yang dipasang pada kereta elektrik?



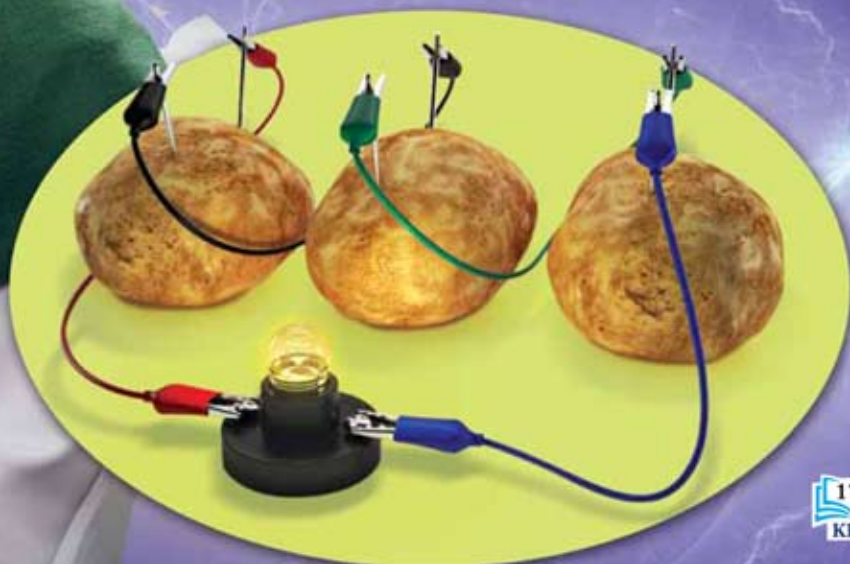
Mengemas bateri kereta elektrik



Bateri ion litium kereta elektrik

### Kata Kunci

- Sel elektrokimia
- Sel elektrolitik
- Sel kimia
- Elektrolisis
- Anod
- Katod
- Anion
- Kation
- Elektrod
- Elektrolit
- Bukan elektrolit
- Sebatian ion
- Siri elektrokimia
- Jenis elektrod
- Pengekstrakan logam
- Penulenan logam
- Penyaduran logam
- Elektro-penggumpalan



## 6.1 Sel Elektrolitik

**Elektrokimia** merupakan kajian dalam bidang kimia tentang hubung kait antara fenomena **elektrik** dengan **kimia** seperti yang berlaku dalam dua jenis **sel elektrokimia** yang berikut:

(a) **Sel elektrolitik**

Dalam sel elektrolitik, arus elektrik mengalir melalui suatu elektrolit untuk menghasilkan tindak balas kimia. Tenaga elektrik ditukar menjadi tenaga kimia melalui proses **elektrolisis**.

(b) **Sel kimia** (sel voltan atau sel galvani)

Dalam sel kimia, perubahan kimia yang berlaku dalam sel menghasilkan arus elektrik. Tenaga kimia ditukar menjadi tenaga elektrik dalam sel tersebut.

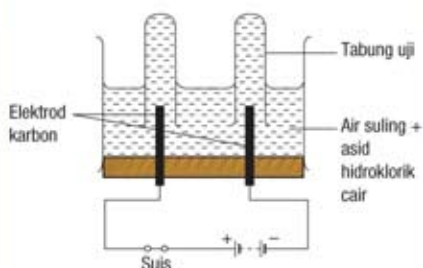
### Elektrolisis

Anda telah mempelajari elektrolisis yang digunakan untuk menentukan komposisi unsur dalam molekul air di Tingkatan 2 dengan menggunakan **sel elektrolitik** (Rajah 6.1).

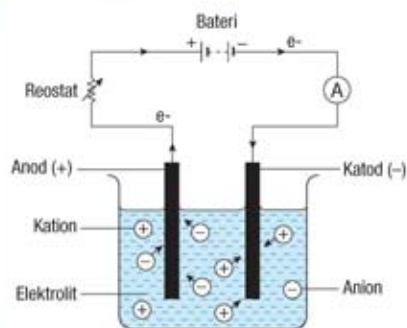
**Elektrolisis** ialah proses penguraian sesuatu sebatian dalam keadaan leburan atau akueus kepada unsur-unsurnya apabila arus elektrik mengalir melaluinya. Apakah sebatian yang diuraikan dan unsur-unsur yang dihasilkan dalam proses elektrolisis (Rajah 6.1)?

**Sel elektrolitik** terdiri daripada:

- **sumber elektrik** seperti bateri
- **anod** yang merupakan elektrod yang disambungkan pada terminal positif sumber elektrik
- **katod** yang merupakan elektrod yang disambungkan pada terminal negatif sumber elektrik
- **elektrolit** yang mengandungi ion bercas positif (kation) dan ion bercas negatif (anion) (Rajah 6.2)



Rajah 6.1 Sel elektrolitik



Rajah 6.2 Sel elektrolitik



## Sumber Elektrik

**Sumber elektrik** dalam sel elektrolisis berfungsi untuk menghasilkan arus elektrik bagi menjalankan elektrolisis. Elektrolisis tidak akan berlaku jika tiada arus elektrik yang mengalir melalui elektrolit.

## Elektrod

**Elektrod** ialah konduktor elektrik yang disambungkan pada bateri dan membolehkan arus elektrik masuk atau keluar elektrolit semasa proses elektrolisis. Elektrod yang disambung pada terminal positif sumber elektrik dikenali sebagai **anod** manakala elektrod yang disambung pada terminal negatif sumber elektrik dikenali sebagai **katod**.

## Elektrolit

Bahan yang dapat mengalirkan arus elektrik dalam keadaan leburan atau akueus dan mengalami perubahan kimia dikenali sebagai **elektrolit**. Bahan yang tidak dapat mengalirkan arus elektrik dalam keadaan leburan atau akueus pula dikenali sebagai **bukan elektrolit**.

Jadual 6.1 Contoh-contoh elektrolit dan bukan elektrolit

| Contoh elektrolit                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Contoh bukan elektrolit                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leburan plumbum(II) bromida, <math>\text{PbBr}_2</math></li> <li>• Leburan natrium klorida, <math>\text{NaCl}</math></li> <li>• Larutan natrium hidroksida, <math>\text{NaOH}</math></li> <li>• Larutan kuprum(II) sulfat, <math>\text{CuSO}_4</math></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Naftalena, <math>\text{C}_{10}\text{H}_8</math></li> <li>• Asetamida, <math>\text{CH}_3\text{CONH}_2</math></li> <li>• Larutan glukosa, <math>\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6</math></li> <li>• Etanol, <math>\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}</math></li> </ul> |

Elektrolit merupakan sebatian ion dalam keadaan leburan atau akueus yang terdiri daripada ion positif, **kation** dan ion negatif, **anion**. Contohnya, natrium klorida ialah elektrolit yang merupakan sebatian ion yang terdiri daripada ion natrium,  $\text{Na}^+$  (ion yang bercas positif) dan ion klorida,  $\text{Cl}^-$  (ion yang bercas negatif).



## Aktiviti 6.1

Melukis dan melabel struktur sel elektrolitik

### Arahan

1. Jalankan aktiviti ini secara individu.
2. Lukis dan label sel elektrolitik dalam Rajah 6.1. Antara bahagian yang perlu dilabelkan termasuklah:
  - (a) anod
  - (b) katod
  - (c) elektrolit
3. Persembahkan lukisan sel elektrolitik yang berlabel tersebut kepada kelas.

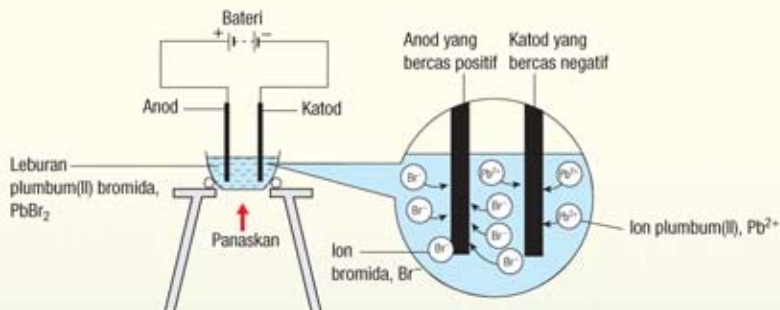
**PAK-21**  
• KBMM

## Proses Elektrolisis

Semasa proses elektrolisis,

- ion bercas positif (kation) bergerak ke katod (elektrod negatif)
- ion bercas negatif (anion) bergerak ke anod (elektrod positif)

Contohnya, sewaktu elektrolisis leburan plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$ , ion plumbum(II) yang bercas positif,  $\text{Pb}^{2+}$ , bergerak ke katod yang bercas negatif manakala ion bromida yang bercas negatif,  $\text{Br}^-$ , bergerak ke anod yang bercas positif (Rajah 6.3).



**Rajah 6.3** Pergerakan ion ke elektrod semasa elektrolisis leburan plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$

Elektrolit tidak dapat mengalirkan elektrik dalam keadaan pepejal kerana tiada ion yang bebas bergerak untuk mengalirkan elektrik.



### Eksperimen 6.1

**Tujuan:** Untuk mengkaji proses elektrolisis sebatian ion dalam keadaan pepejal, leburan dan akueus

**Pernyataan masalah:** Bolehkah sebatian ion dalam keadaan pepejal, leburan dan akueus menjalankan proses elektrolisis?

**Hipotesis:**

1. Sebatian ion dalam keadaan leburan dan akueus dapat menjalani proses elektrolisis.
2. Sebatian ion dalam keadaan pepejal tidak dapat menjalani proses elektrolisis.

**Pemboleh ubah:**

- (a) dimanipulasikan : Keadaan sebatian ion, iaitu pepejal, leburan atau akueus
- (b) bergerak balas : Keadaan mentol
- (c) dimalarkan : Jenis elektrod

**Bahan:** Pepejal plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$  dan larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ ,  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$

**Radas:** Bateri, elektrod karbon, wayar penyambung dengan klip buaya, mangkuk pijar, tungku kaki tiga, segi tiga tanah liat, penunu Bunsen, suis, bikar, mentol, sel elektrolitik, spatula dan tabung uji

## Prosedur:

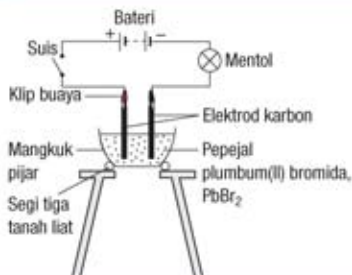
**A** Elektrolisis bagi sebatian ion dalam keadaan pepejal dan leburan

Demonstrasi oleh guru (dijalankan di dalam kebuk wasap)

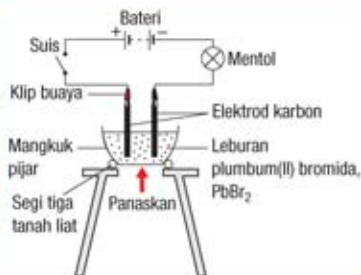
1. Masukkan serbuk pepejal plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$ , ke dalam mangkuk pijar yang kering sehingga separuh penuh.
2. Letakkan mangkuk pijar itu di atas segi tiga tanah liat pada tungku kaki tiga (Rajah 6.4).
3. Lengkapkan litar dengan menyambungkan elektrod karbon, suis, bateri dan mentol dengan wayar penyambung dan klip buaya.
4. Hidupkan suis. Perhatikan dan catat perubahan yang berlaku pada mentol.
5. Panaskan pepejal plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$ , sehingga melebur (Rajah 6.5).
6. Ulang langkah 3 dan 4.

**AWASI!**

Gas bromin merupakan gas beracun. Jangan menghidu gas bromin.



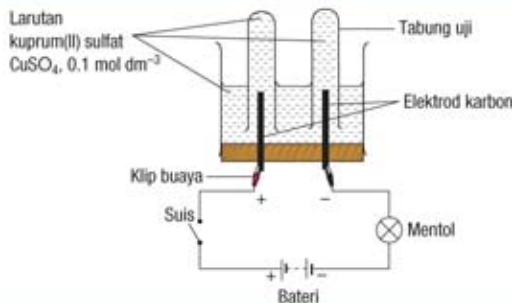
**Rajah 6.4** Elektrolisis pepejal plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$



**Rajah 6.5** Elektrolisis leburan plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$

**B** Elektrolisis bagi sebatian ion dalam keadaan akueus

1. Sediakan susunan radas dengan sel elektrolitik diisi dengan larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ ,  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga separuh penuh dan dua tabung uji yang diisi dengan larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ ,  $0.1 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga penuh (Rajah 6.6).



**Rajah 6.6**

2. Hidupkan suis selama 5 minit. Perhatikan dan catat perubahan yang berlaku pada mentol.

**Pemerhatian:**

| Bahan                                                                        | Keadaan mentol | Inferens |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|
| Pepejal<br>plumbum(II) bromida, $\text{PbBr}_2$                              |                |          |
| Leburan<br>plumbum(II) bromida, $\text{PbBr}_2$                              |                |          |
| Larutan<br>kuprum(II) sulfat, $\text{CuSO}_4$ ,<br>$0.1 \text{ mol dm}^{-3}$ |                |          |

**Kesimpulan:**

Adakah hipotesis diterima? Apakah kesimpulan eksperimen ini?

**Soalan:**

1. Mengapakah elektrolisis bagi leburan plumbum(II) bromida,  $\text{PbBr}_2$ , perlu dijalankan di dalam kebuk wasap?
2. Apakah tujuan mentol disambungkan pada sel elektrolisis?
3. Mengapakah elektrolisis tidak berlaku dalam sebatian ion yang berkeadaan pepejal?

## Faktor yang Mempengaruhi Hasil Elektrolisis

Tiga faktor yang mempengaruhi pemilihan ion untuk dinyahcas pada elektrod bagi elektrolisis larutan akueus ialah:

- kedudukan ion dalam siri elektrokimia
- kepekatan elektrolit
- jenis elektrod

**Info Sains**

Apabila ion positif dinyahcas, ion akan menerima elektron, menjadi neutral dan membentuk atom atau molekul. Apabila ion negatif dinyahcas, ion akan menderma elektron, menjadi neutral dan membentuk atom atau molekul.



## Kedudukan Ion dalam Siri Elektrokimia

Dalam siri elektrokimia, logam-logam disusun mengikut kecenderungan atomnya untuk menderma elektron. Semakin tinggi kedudukan sesuatu logam dalam siri elektrokimia, semakin mudah atom logam tersebut menderma elektron. Rajah 6.7 menunjukkan susunan ion mengikut kecenderungannya untuk dinyahcas dalam siri elektrokimia.



**Rajah 6.7** Susunan ion mengikut kecenderungannya untuk dinyahcas dalam siri elektrokimia

Ion-ion yang berada di bahagian bawah siri elektrokimia lebih cenderung untuk dinyahcas.

### Contoh 1

#### Elektrolisis larutan natrium sulfat

- Ion-ion yang hadir dalam larutan natrium sulfat semasa elektrolisis ialah ion natrium, ion sulfat, ion hidrogen dan ion hidroksida.
- Katod (elektrod negatif)**
  - Menarik ion-ion positif, iaitu ion natrium dan ion hidrogen
  - Ion hidrogen dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidrogen kurang elektropositif berbanding dengan ion natrium
  - Gas hidrogen terhasil pada katod
- Anod (elektrod positif)**
  - Menarik ion-ion negatif, iaitu ion sulfat dan ion hidroksida
  - Ion hidroksida dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidroksida kurang elektronegatif berbanding dengan ion sulfat
  - Gas oksigen terhasil pada anod



## Contoh 2

### Elektrolisis larutan kuprum(II) sulfat

- Ion-ion yang hadir dalam larutan kuprum(II) sulfat semasa elektrolisis ialah ion kuprum(II), ion sulfat, ion hidrogen dan ion hidroksida.
- Katod (elektrod negatif)**
  - Menarik ion-ion positif, iaitu ion kuprum(II) dan ion hidrogen
  - Ion kuprum(II) dipilih untuk dinyahcas kerana ion kuprum(II) kurang elektropositif berbanding dengan ion hidrogen
  - Kuprum terenalap pada katod
- Anod (elektrod positif)**
  - Menarik ion-ion negatif, iaitu ion sulfat dan ion hidroksida
  - Ion hidroksida dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidroksida kurang elektronegatif berbanding dengan ion sulfat
  - Gas oksigen terhasil pada anod



## Eksperimen 6.2

**Tujuan:** Untuk mengkaji kesan kedudukan ion dalam siri elektrokimia terhadap pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada elektrod

**Pernyataan masalah:** Bagaimanakah kedudukan ion dalam siri elektrokimia mempengaruhi pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada elektrod?

**Hipotesis:** Semakin rendah kedudukan ion dalam siri elektrokimia, semakin mudah ion itu dinyahcas.

**Pemboleh ubah:**

|                       |                                         |
|-----------------------|-----------------------------------------|
| (a) dimanipulasikan : | Kedudukan ion dalam siri elektrokimia   |
| (b) bergerak balas :  | Hasil pada elektrod                     |
| (c) dimalarkan :      | Kepekatan elektrolit dan jenis elektrod |

**Bahan:** Larutan magnesium nitrat,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$ , larutan natrium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$  dan kayu uji

**Radas:** Bateri, elektrod karbon, wayar penyambung dengan klip buaya, sel elektrolitik, ammeter, tabung uji dan suis

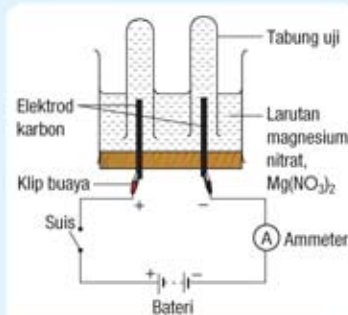
| Kation           | Anion              |
|------------------|--------------------|
| $\text{K}^+$     | $\text{F}^-$       |
| $\text{Na}^+$    | $\text{SO}_4^{2-}$ |
| $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{NO}_3^-$    |
| $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Cl}^-$      |
| $\text{Al}^{3+}$ | $\text{Br}^-$      |
| $\text{Zn}^{2+}$ | $\text{I}^-$       |
| $\text{Fe}^{2+}$ | $\text{OH}^-$      |
| $\text{Sn}^{2+}$ |                    |
| $\text{Pb}^{2+}$ |                    |
| $\text{H}^+$     |                    |
| $\text{Cu}^{2+}$ |                    |
| $\text{Ag}^+$    |                    |

Semakin mudah dinyahcas

**Rajah 6.8** Susunan ion mengikut kecenderungannya untuk dinyahcas dalam siri elektrokimia

**Prosedur:**

1. Sediakan susunan radas dengan sel elektrolitik diisi dengan larutan magnesium nitrat,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga separuh penuh.
2. Isi dua tabung uji dengan larutan magnesium nitrat,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga penuh dan telangkupkan kedua-dua buah tabung uji tersebut dalam sel elektrolitik (Rajah 6.9).
3. Hidupkan suis. Perhatikan dan catat perubahan yang berlaku pada anod dan katod.
4. Matikan suis apabila tabung uji diisi dengan gas yang terbebas dari elektrod sehingga hampir penuh.
5. Uji gas yang terbebas dengan menggunakan kayu uji berbara dan kayu uji bernyala.
6. Perhatikan dan catat hasil ujian gas.
7. Ulang langkah 1 hingga 6 dengan menggantikan larutan magnesium nitrat,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , dengan larutan natrium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

**Rajah 6.9****Info Sains****Ujian kayu uji berbara (ujian gas oksigen)**

- Masukkan sebatang kayu uji berbara ke dalam tabung uji yang berisi gas.
- Jika kayu uji berbara bernyala semula, gas di dalam tabung uji ialah oksigen.

**Ujian kayu uji bernyala (ujian gas hidrogen)**

- Dekatkan sebatang kayu uji bernyala ke mulut tabung uji berisi gas.
- Jika gas meletup dengan bunyi 'pop', gas di dalam tabung uji ialah hidrogen.

**Pemerhatian:**

| Elektrolit                                           | Ujian gas yang terbebas pada |                          |
|------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                                                      | anod                         | katod                    |
| Larutan magnesium nitrat, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ | Ujian kayu uji berbara:      | Ujian kayu uji berbara:  |
|                                                      | Ujian kayu uji bernyala:     | Ujian kayu uji bernyala: |
| Larutan natrium sulfat, $\text{Na}_2\text{SO}_4$     | Ujian kayu uji berbara:      | Ujian kayu uji berbara:  |
|                                                      | Ujian kayu uji bernyala:     | Ujian kayu uji bernyala: |

**Kesimpulan:**

Adakah hipotesis diterima? Apakah kesimpulan eksperimen ini?

**Soalan:**

- Namakan ion yang terkandung dalam larutan yang berikut:
  - larutan magnesium nitrat,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$
  - larutan natrium sulfat,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$
- Berdasarkan pemerhatian anda dalam Eksperimen 6.2, namakan gas yang terhasil pada anod dan katod bagi setiap elektrolit dalam jadual di bawah.

| Elektrolit                                           | Hasil terbentuk pada |       |
|------------------------------------------------------|----------------------|-------|
|                                                      | anod                 | katod |
| Larutan magnesium nitrat, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ |                      |       |
| Larutan natrium sulfat, $\text{Na}_2\text{SO}_4$     |                      |       |

- Namakan ion yang dipilih untuk dinyahcas pada anod dan katod bagi setiap elektrolit dalam jadual di bawah.

| Elektrolit                                           | Ion yang dipilih untuk dinyahcas pada |       |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------|
|                                                      | anod                                  | katod |
| Larutan magnesium nitrat, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ |                                       |       |
| Larutan natrium sulfat, $\text{Na}_2\text{SO}_4$     |                                       |       |

**Kepekatan Elektrolit**

Kepekatan ion dalam elektrolit juga mempengaruhi pemilihan ion untuk dinyahcas. Ion negatif yang lebih pekat dalam elektrolit adalah lebih cenderung dipilih untuk dinyahcas pada anod. Namun begitu, ion positif yang dipilih untuk dinyahcas pada katod masih dipengaruhi oleh kedudukan ion positif yang berkenaan dalam siri elektrokimia.

**Contoh****Elektrolisis larutan natrium klorida pekat dan larutan natrium klorida cair**

- Ion-ion yang hadir dalam larutan natrium klorida pekat atau cair semasa elektrolisis adalah ion natrium, ion klorida, ion hidrogen dan ion hidroksida.
- Katod (elektrod negatif)**
  - Menarik ion-ion positif, iaitu ion natrium dan ion hidrogen
  - Ion hidrogen dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidrogen kurang elektropositif berbanding dengan ion natrium
  - Gas hidrogen terhasil pada katod
- Anod (elektrod positif)**
  - Menarik ion-ion negatif, iaitu ion klorida dan ion hidroksida
  - Ion negatif yang dinyahcas pada anod dipengaruhi oleh kepekatan ion negatif dalam elektrolit seperti yang berikut:



- kepekatan ion klorida adalah lebih tinggi berbanding kepekatan ion hidroksida dalam larutan natrium klorida pekat seperti larutan natrium klorida  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$ , maka, ion klorida akan dipilih untuk dinyahcas walaupun kedudukan ion klorida adalah lebih tinggi daripada ion hidroksida dalam siri elektrokimia. Gas klorin terhasil pada anod.
- kepekatan ion klorida adalah lebih rendah berbanding kepekatan ion hidroksida dalam larutan natrium klorida cair seperti larutan natrium klorida  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$ , maka, ion hidroksida akan dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidroksida kurang elektronegatif berbanding dengan ion klorida. Gas oksigen terhasil pada anod.



### Eksperimen 6.3

#### Tujuan:

Untuk mengkaji kesan kepekatan ion dalam elektrolit terhadap pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada anod

#### Pernyataan masalah:

Bagaimanakah kepekatan asid hidroklorik, HCl, mempengaruhi pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada anod?

#### Hipotesis:

Ion yang lebih tinggi kepekataannya akan dipilih untuk dinyahcas pada anod.

#### Pemboleh ubah:

- (a) dimanipulasikan : Kepekatan ion dalam elektrolit
- (b) bergerak balas : Hasil pada anod
- (c) dimalarkan : Jenis elektrod

#### Bahan:

Asid hidroklorik, HCl,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$ , asid hidroklorik, HCl,  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$  dan kayu uji

#### Radas:

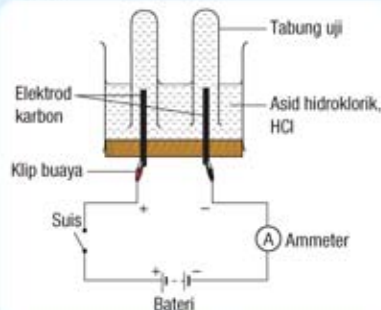
Bateri, elektrod karbon, wayar penyambung dengan klip buaya, sel elektrolitik, ammeter, tabung uji, kertas litmus dan suis

#### Prosedur:

1. Sediakan susunan radas dengan sel elektrolitik diisi dengan asid hidroklorik, HCl,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga separuh penuh.
2. Isi dua buah tabung uji dengan asid hidroklorik, HCl,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  sehingga penuh dan telangkupkan kedua-dua buah tabung uji tersebut dalam sel elektrolitik (Rajah 6.10).
3. Hidupkan suis. Perhatikan dan catat perubahan yang berlaku pada anod.
4. Matikan suis apabila tabung uji diisi dengan gas yang terbebas dari anod sehingga hampir penuh.

**AWAS!**

Gas klorin merupakan gas beracun.



Rajah 6.10

- Uji sebarang gas yang terbebas dengan menggunakan kayu uji berbara dan kertas litmus biru dan merah lembap.
- Perhatikan dan catat hasil ujian gas.
- Ulang langkah 1 hingga 6 dengan menggantikan asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  dengan asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$ .



### Info Sains

#### Ujian kertas litmus biru lembap

- Dekatkan sehelai kertas litmus biru lembap ke mulut tabung uji yang berisi gas.
- Jika kertas litmus biru lembap itu menjadi merah, gas di dalam tabung uji bersifat asid.
- Jika warna kertas litmus biru lembap luntur, gas di dalam tabung uji ialah gas halogen.
- Jika kertas litmus biru lembap tidak berubah warna, gas di dalam tabung uji bersifat alkali atau neutral.

Kertas litmus biru lembap



#### Ujian kertas litmus merah lembap

- Dekatkan sehelai kertas litmus merah lembap ke mulut tabung uji yang berisi gas.
- Jika kertas litmus merah lembap itu menjadi biru, gas di dalam tabung uji bersifat alkali.
- Jika kertas litmus merah lembap tidak berubah warna, gas di dalam tabung uji bersifat asid atau neutral.

Kertas litmus merah lembap



### Pemerhatian:

| Elektrolit                                                    | Ujian gas yang terhasil pada anod                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Asid hidroklorik, $\text{HCl}$ , $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$    | Ujian kayu uji berbara: .....<br>Ujian kertas litmus biru lembap: .....<br>Ujian kertas litmus merah lembap: ..... |
| Asid hidroklorik, $\text{HCl}$ , $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$ | Ujian kayu uji berbara: .....<br>Ujian kertas litmus biru lembap: .....<br>Ujian kertas litmus merah lembap: ..... |

### Kesimpulan:

Adakah hipotesis diterima? Apakah kesimpulan eksperimen ini?

### Soalan:

- Apakah perbezaan kepekatan antara ion klorida,  $\text{Cl}^-$ , dalam asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  dengan ion klorida,  $\text{Cl}^-$ , dalam asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$ ?
- Berdasarkan pemerhatian anda dalam Eksperimen 6.3, namakan hasil yang terbentuk pada anod bagi setiap elektrolit yang berikut:
  - asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$
  - asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$
- Namakan ion yang dipilih untuk dinyahcas pada anod bagi setiap elektrolit yang berikut:
  - asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$
  - asid hidroklorik,  $\text{HCl}$ ,  $0.0001 \text{ mol dm}^{-3}$

## Jenis Elektrod

**Jenis elektrod** yang digunakan juga mempengaruhi pemilihan ion untuk dinyahcas seperti yang berikut:

- (a) Jika jenis logam yang digunakan sebagai anod adalah **sama** dengan jenis ion logam dalam elektrolit, maka
  - di anod, atom logam akan mengion untuk membentuk ion positif yang melarut ke dalam elektrolit
  - di katod, ion logam tersebut akan dinyahcas dan membentuk atom logam yang terenal pada katod
  - kepekatan ion logam dalam elektrolit tidak berubah kerana kadar atom logam mengion untuk membentuk ion logam di anod adalah sama dengan kadar ion logam dinyahcas untuk membentuk atom logam lalu terenal pada katod
- (b) Jika jenis bahan yang digunakan sebagai anod **tidak sama** dengan jenis ion logam dalam elektrolit, maka
  - atom di anod tidak akan melarut ke dalam elektrolit. Ion negatif dalam elektrolit pula dinyahcas di anod
  - di katod, ion yang kurang elektropositif akan dipilih untuk dinyahcas

### Contoh

**Elektrolisis larutan argentum nitrat dengan menggunakan:**

• **Elektrod argentum**

- (a) Ion-ion yang hadir dalam larutan argentum nitrat semasa elektrolisis adalah ion argentum, ion nitrat, ion hidrogen dan ion hidroksida.

- (b) **Katod (elektrod negatif)**

- (i) Menarik ion-ion positif, iaitu ion argentum dan ion hidrogen
- (ii) Ion argentum dipilih untuk dinyahcas kerana ion argentum kurang elektropositif berbanding dengan ion hidrogen
- (iii) Argentum terenal pada katod

- (c) **Anod (elektrod positif)**

- (i) Membentuk ion argentum apabila atom argentum di anod mengion. Ion nitrat dan ion hidroksida tidak dinyahcas
- (ii) Elektrod argentum melarut ke dalam elektrolit

- (d) Kepekatan ion argentum dalam elektrolit tidak berubah kerana kadar pengionan atom argentum di anod untuk membentuk ion argentum adalah sama dengan kadar ion argentum dinyahcas untuk membentuk atom argentum yang terenal pada katod.

• **Elektrod karbon**

- (a) Ion-ion yang hadir dalam larutan argentum nitrat semasa elektrolisis adalah ion argentum, ion nitrat, ion hidrogen dan ion hidroksida.



- (b) **Katod (elektrod negatif)**
- Menarik ion-ion positif, iaitu ion argentum dan ion hidrogen
  - Ion argentum dipilih untuk dinyahcas kerana ion argentum kurang elektropositif berbanding dengan ion hidrogen
  - Argentum terenal pada katod
- (c) **Anod (elektrod positif)**
- Menarik ion-ion negatif, iaitu ion nitrat dan ion hidroksida
  - Ion hidroksida dipilih untuk dinyahcas kerana ion hidroksida kurang elektronegatif berbanding dengan ion nitrat
  - Gas oksigen terhasil di anod
- (d) Kepekatan ion argentum dalam elektrolit berkurang kerana ion argentum dalam elektrolit dinyahcas untuk menjadi atom argentum yang terenal pada katod.



## Eksperimen 6.4

**Tujuan:** Untuk mengkaji kesan jenis elektrod terhadap pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada elektrod

**Pernyataan masalah:** Bagaimanakah jenis elektrod mempengaruhi pemilihan jenis ion untuk dinyahcas pada anod?

**Hipotesis:**

- Jika elektrod karbon digunakan semasa elektrolisis larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , maka ion hidroksida,  $\text{OH}^-$ , dipilih untuk dinyahcas pada anod.
- Jika elektrod kuprum digunakan semasa elektrolisis larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , maka ion kuprum(II),  $\text{Cu}^{2+}$ , terhasil pada anod.

**Pemboleh ubah:**

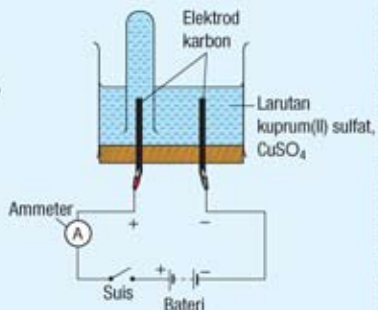
- dimanipulasikan : Jenis elektrod (karbon atau kuprum)
- bergerak balas : Hasil elektrolisis pada anod
- dimalarkan : Jenis dan kepekatan elektrolit

**Bahan:** Larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , 0.1 mol  $\text{dm}^{-3}$  dan kayu uji

**Radas:** Bateri, elektrod karbon, elektrod kuprum, wayar penyambung dengan klip buaya, sel elektrolitik, ammeter, tabung uji dan suis

### Prosedur:

- Sediakan susunan radas dengan sel elektrolitik diisi dengan larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , 0.1 mol  $\text{dm}^{-3}$  sehingga separuh penuh.
- Isi sebuah tabung uji dengan larutan kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$ , 0.1 mol  $\text{dm}^{-3}$  sehingga penuh dan telangkupkan tabung uji tersebut pada elektrod anod (Rajah 6.11).



Rajah 6.11

3. Hidupkan suis selama 15 minit. Perhatikan dan catat perubahan yang berlaku pada anod.
4. Uji sebarang gas yang terbebas dengan menggunakan kayu uji berbara.
5. Perhatikan dan catat hasil ujian gas.
6. Ulang langkah 1 hingga 4 dengan menggantikan elektrod karbon dengan elektrod kuprum.

**Pemerhatian:**

| Jenis elektrod  | Ujian kayu uji berbara pada anod |
|-----------------|----------------------------------|
| Elektrod karbon |                                  |
| Elektrod kuprum |                                  |

**Kesimpulan:**

Adakah hipotesis diterima? Apakah kesimpulan eksperimen ini?

**Soalan:**

1. Namakan ion yang hadir dalam elektrolit semasa elektrolisis dijalankan.
2. Namakan ion yang dipilih untuk dinyahcas atau ion yang terhasil pada anod bagi jenis elektrod yang berikut:
  - (a) elektrod karbon
  - (b) elektrod kuprum

## Aplikasi Elektrolisis dalam Industri

Antara contoh aplikasi elektrolisis dalam industri termasuklah:

(a) **Pengekstrakan logam**

Anda telah mempelajari kedudukan logam dalam siri kereaktifan logam dan kaedah pengekstrakan logam daripada bijihnya semasa di Tingkatan 3. Logam seperti kalium, natrium, kalsium, magnesium dan aluminium diekstrakkan daripada bijihnya atau garamnya secara elektrolisis leburan bijih atau garam logam tersebut.

(b) **Penulenan logam**

Dalam penulenan logam, logam yang tidak tulen dijadikan sebagai anod manakala logam yang tulen dijadikan sebagai katod. Semasa proses elektrolisis, logam pada anod akan melarut ke dalam elektrolit membentuk ion. Ion ini akan bergerak ke katod untuk dinyahcas dan terendap pada katod sebagai logam tulen.

(c) **Penyaduran logam**

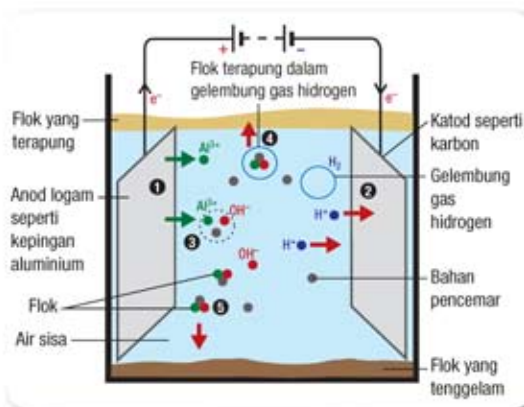
Dalam proses penyaduran logam, emas, platinum atau perak disadur pada logam lain untuk menjadikan logam itu kelihatan lebih menarik dan tahan kakisan.

(d) **Pengolahan air sisa dengan menggunakan elektro-penggumpalan (electrocoagulation)**

**Elektro-penggumpalan** adalah satu teknik yang inovatif untuk merawat air sisa (Rajah 6.12). Elektro-penggumpalan mengaplikasikan dua proses, iaitu elektrolisis dan penggumpalan.

• **Proses elektrolisis**

- 1 Pada anod, elektrod logam seperti aluminium mengion dalam elektrolit untuk menghasilkan ion aluminium,  $Al^{3+}$  yang bercas positif.
- 2 Pada katod, ion hidrogen,  $H^+$  dipilih untuk dinyahcas untuk membentuk gas hidrogen. Gelembung gas hidrogen terbebas dari katod dan naik ke permukaan air.



Rajah 6.12 Elektro-penggumpalan

• **Proses penggumpalan**

- 3 Penggumpalan berlaku apabila ion aluminium,  $Al^{3+}$ , ion hidroksida,  $OH^-$  dan bahan pencemar dalam air sisa bergabung untuk menghasilkan gumpalan yang dikenali sebagai flok.
- 4 Flok yang terperangkap dalam gelembung gas hidrogen yang terlepas dari katod dibawa naik ke permukaan air.
- 5 Flok yang lain tenggelam dan berkumpul pada dasar.

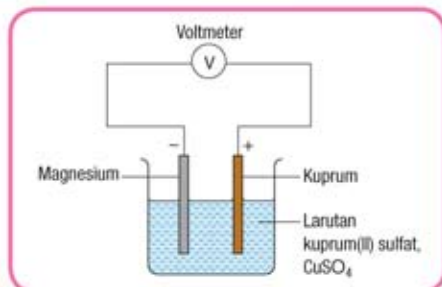
**Praktis Formatif 6.1**

1. Lukis dan label struktur sebuah sel elektrolitik.
2. Huraikan pergerakan ion ke elektrod semasa proses elektrolisis.
3. Berikan **empat** contoh aplikasi elektrolisis dalam industri.

## 6.2 Sel Kimia

**Sel kimia ringkas** terdiri daripada dua logam berlainan yang dicelup ke dalam suatu elektrolit dan disambungkan melalui litar luar dengan wayar penyambung (Rajah 6.13).

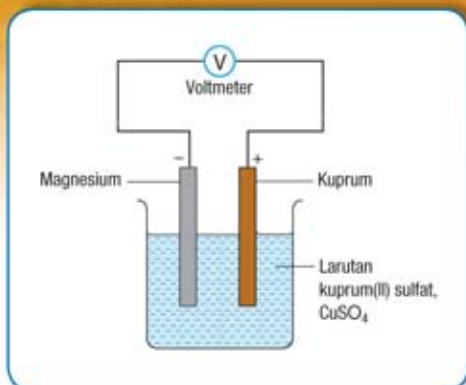
Perhatikan sel kimia ringkas yang terdiri daripada elektrod magnesium dan kuprum seperti Rajah 6.14 dan siri elektrokimia dalam Rajah 6.15.



Rajah 6.13 Contoh sel kimia ringkas

6.1.4 6.2.1





Rajah 6.14 Sel kimia ringkas



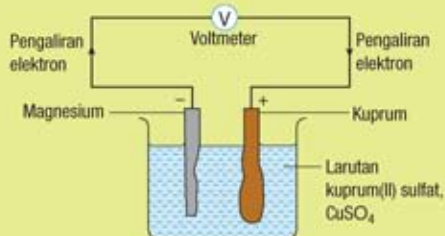
Rajah 6.15 Siri elektrokimia menunjukkan susunan ion mengikut keelektropositifan

Dengan merujuk kepada sel kimia ringkas seperti Rajah 6.14, magnesium menjadi terminal negatif dan kuprum menjadi terminal positif. Hal ini demikian kerana magnesium lebih elektropositif berbanding dengan kuprum (Rajah 6.15). Magnesium lebih mudah mendermakan elektron berbanding dengan kuprum.

- Magnesium yang mendermakan elektron membentuk ion magnesium dan larut dalam elektrolit larutan kuprum(II) sulfat.
- Magnesium bertindak sebagai terminal negatif sel kimia tersebut.
- Elektron yang terbebas akan mengalir melalui litar luar dari magnesium ke kuprum yang bertindak sebagai terminal positif sel kimia tersebut.

- Elektron dari magnesium diterima oleh ion kuprum(II) dari elektrolit dan bukannya oleh ion hidrogen kerana ion kuprum(II) kurang elektropositif berbanding dengan ion hidrogen.
- Pepejal kuprum terbentuk dan terapan pada jalur kuprum.
- Kuprum bertindak sebagai terminal positif sel kimia tersebut.

- Pergerakan elektron dari terminal negatif ke terminal positif melalui litar luar sel akan menghasilkan tenaga elektrik.
- Perubahan tenaga yang berlaku dalam sel kimia adalah dari tenaga kimia kepada tenaga elektrik.



Rajah 6.16 Tindak balas kimia dalam sel kimia dengan elektrod logam yang berlainan

Membina sel kimia ringkas

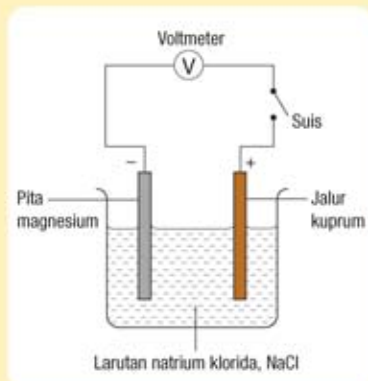
**Bahan**

 Kertas pasir, dua pita magnesium, dua jalur kuprum dan larutan natrium klorida, NaCl,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$ 
**Radas**

Silinder penyukat, bikar, wayar penyambung dengan klip buaya dan voltmeter

**Arahan**

1. Bersihkan dua pita magnesium dan dua jalur kuprum dengan kertas pasir.
2. Sukat dan tuang  $150 \text{ cm}^3$  larutan natrium klorida, NaCl,  $1.0 \text{ mol dm}^{-3}$  ke dalam bikar yang bersih dengan menggunakan silinder penyukat.
3. Celup pita magnesium dan jalur kuprum ke dalam larutan natrium klorida, NaCl, di dalam bikar.
4. Sambungkan pita magnesium, jalur kuprum dan voltmeter dengan wayar penyambung (Rajah 6.17).
5. Hidupkan suis. Perhatikan dan catat bacaan voltmeter.
6. Ulang langkah 1 hingga 5 dengan menggantikan pasangan pita magnesium dan jalur kuprum dengan pasangan pita magnesium dan pasangan jalur kuprum.


**Rajah 6.17** Sel kimia ringkas

**Keputusan**

| Pasangan logam        | Bacaan voltmeter (V) |
|-----------------------|----------------------|
| Magnesium – kuprum    |                      |
| Magnesium – magnesium |                      |
| Kuprum – kuprum       |                      |

## Aplikasi Konsep Sel Kimia untuk Menghasilkan Tenaga Elektrik daripada Pelbagai Sumber

Dapatkah buah-buahan atau bahagian tumbuhan lain dan air laut digunakan untuk menghasilkan tenaga elektrik? Mari jalankan Aktiviti 6.3 untuk menjanakan idea bagaimana konsep sel kimia diaplikasikan untuk menghasilkan tenaga elektrik daripada pelbagai sumber.

## Aktiviti 6.3

Menghasilkan tenaga elektrik daripada buah-buahan atau bahagian tumbuhan lain dan air laut

**PAK -21**

- KBMM, STEM
- Aktiviti menjalankan projek STEM

### Arahan

1. Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan untuk menjanakan idea bagaimana konsep sel kimia dapat diaplikasikan untuk menghasilkan tenaga elektrik daripada pelbagai sumber. Kaji pernyataan yang berikut:

Penghasilan tenaga elektrik dapat diperoleh daripada pelbagai sumber. Sebagai contoh, sel kimia ringkas ialah alat yang dapat menukarkan tenaga kimia kepada tenaga elektrik.

2. Rancang dan jalankan satu projek melalui pendekatan STEM. Bina satu sel kimia ringkas yang dapat menukarkan tenaga kimia kepada tenaga elektrik daripada pelbagai sumber seperti buah-buahan atau bahagian tumbuhan lain dan air laut.
3. Kumpulkan dan bincangkan maklumat atau cara pembinaan sel kimia ringkas yang sedia ada daripada buah-buahan atau bahagian tumbuhan lain dan air laut daripada laman web seperti yang berikut:

Laman web yang berkaitan

- (a) Tenaga elektrik yang dihasilkan daripada buah-buahan

<http://buku-teks.com/sa5057>

(Medium: bahasa Inggeris)



- (b) Tenaga elektrik yang dihasilkan daripada sayur-sayuran

<http://buku-teks.com/sa5058>

(Medium: bahasa Inggeris)

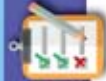


4. Bentangkan hasil reka bentuk sel kimia ringkas anda kepada kelas.

## Praktis Formatif 6.2

1. Apakah sel kimia ringkas?
2. Lukis dan label sebuah sel kimia ringkas.
3. Bagaimanakah kedudukan ion dalam siri elektrokimia menentukan terminal positif dan terminal negatif dalam sel kimia ringkas?





## Elektrokimia

Kajian dalam bidang kimia tentang hubungan kait antara fenomena kimia dengan elektrik

### Sel elektrolitik

Anod, katod, anion, kation, elektrolit dan sumber elektrik

Tenaga elektrik kepada tenaga kimia

### Proses elektrolisis

Hasil elektrolisis

dipengaruhi oleh faktor

Kedudukan ion dalam siri elektrokimia, kepekatan elektrolit dan jenis elektrod

Aplikasi dalam industri

Pengekstrakan logam, penulenan logam, penyaduran logam, pengolahan air sisa melalui elektro-pengumpulan

### Sel kimia

Elektrolit dan dua jenis logam yang berlainan

Tenaga kimia kepada tenaga elektrik

Perubahan kimia yang berlaku dalam sel

pada

Rod logam, elektrolit



## Refleksi Kendiri

Selepas mempelajari bab ini, anda dapat:

### 6.1 Sel Elektrolitik

- ☐ Memahami elektrolisis.
- ☐ Menjalankan eksperimen untuk mengkaji proses elektrolisis bagi sebatian ion dalam pelbagai keadaan.
- ☐ Menjalankan eksperimen bagi mengkaji faktor yang mempengaruhi hasil elektrolisis.
- ☐ Berkomunikasi mengenai aplikasi elektrolisis dalam industri.

### 6.2 Sel Kimia

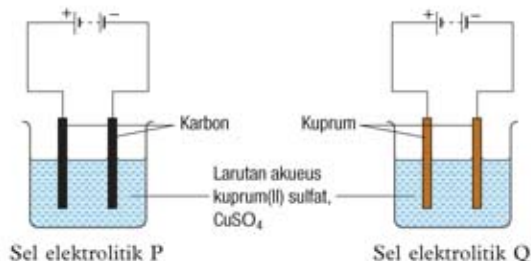
- ☐ Menerangkan perubahan tenaga dalam sel kimia ringkas.
- ☐ Menjanakan idea tentang aplikasi konsep sel kimia dalam menghasilkan tenaga elektrik daripada pelbagai sumber.



## Praktis Sumatif 6

Jawab soalan yang berikut:

1. Rajah 1 menunjukkan susunan radas untuk mengkaji elektrolisis larutan akueus kuprum(II) sulfat,  $\text{CuSO}_4$  dengan menggunakan elektrod berlainan seperti yang ditunjukkan dalam sel elektrolitik P dan sel elektrolitik Q.



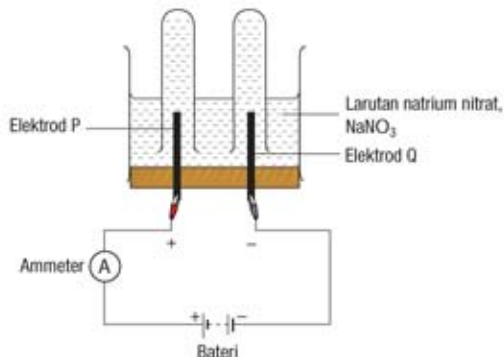
Rajah 1

- (a) Nyatakan maksud elektrolisis.
- (b) Nyatakan semua ion yang hadir dalam larutan akueus kuprum(II) sulfat.
- (c) Namakan ion yang dinyahcas pada anod dan pada katod dalam sel elektrolitik yang berikut:
  - (i) sel elektrolitik P  
pada anod:  
pada katod:
  - (ii) sel elektrolitik Q  
pada anod:  
pada katod:
- (d) Namakan **satu** contoh aplikasi elektrolisis dalam industri yang mengaplikasikan konsep elektrolisis dalam sel elektrolitik Q.

Kuiz  
<http://buku-teks.com/sa5062>



2. Rajah 2 menunjukkan susunan radas untuk mengkaji elektrolisis larutan akueus natrium nitrat,  $\text{NaNO}_3$ , dengan menggunakan elektrod karbon yang berlabel P dan Q.



Rajah 2

- (a) (i) Nyatakan semua kation yang hadir dalam elektrolit.  
(ii) Nyatakan semua anion yang hadir dalam elektrolit.
- (b) Elektrod yang manakah yang bertindak sebagai anod?
- (c) Namakan ion yang dipilih untuk dinyahcas pada:  
(i) elektrod P:  
(ii) elektrod Q:
- (d) Terangkan jawapan anda dalam 2(c)(ii) berdasarkan pemilihan ion untuk dinyahcas. 🧠
3. Rohani mendapati bahawa sebatang paku besi telah berkarat. Dengan menggunakan pengetahuan tentang elektrolisis, huraikan secara ringkas cara untuk mengelakkan pengkaratan paku besi itu. 🧠



### Praktis Pengayaan

4. Anda diberi tiga biji ubi kentang, tiga batang paku besi, tiga batang rod kuprum, mentol dan dawai penyambung dengan klip buaya. Dengan menggunakan bahan-bahan tersebut, reka bentuk sel kimia ringkas dengan ciri-ciri yang berikut: 🧠
- (a) sel kimia ringkas yang dapat menyalakan mentol dengan kecerahan maksimum.
- (b) sel kimia ringkas yang tahan paling lama semasa menyalakan mentol.