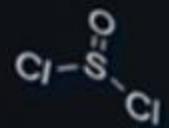


BAB I KESEIMBANGAN REDOKS

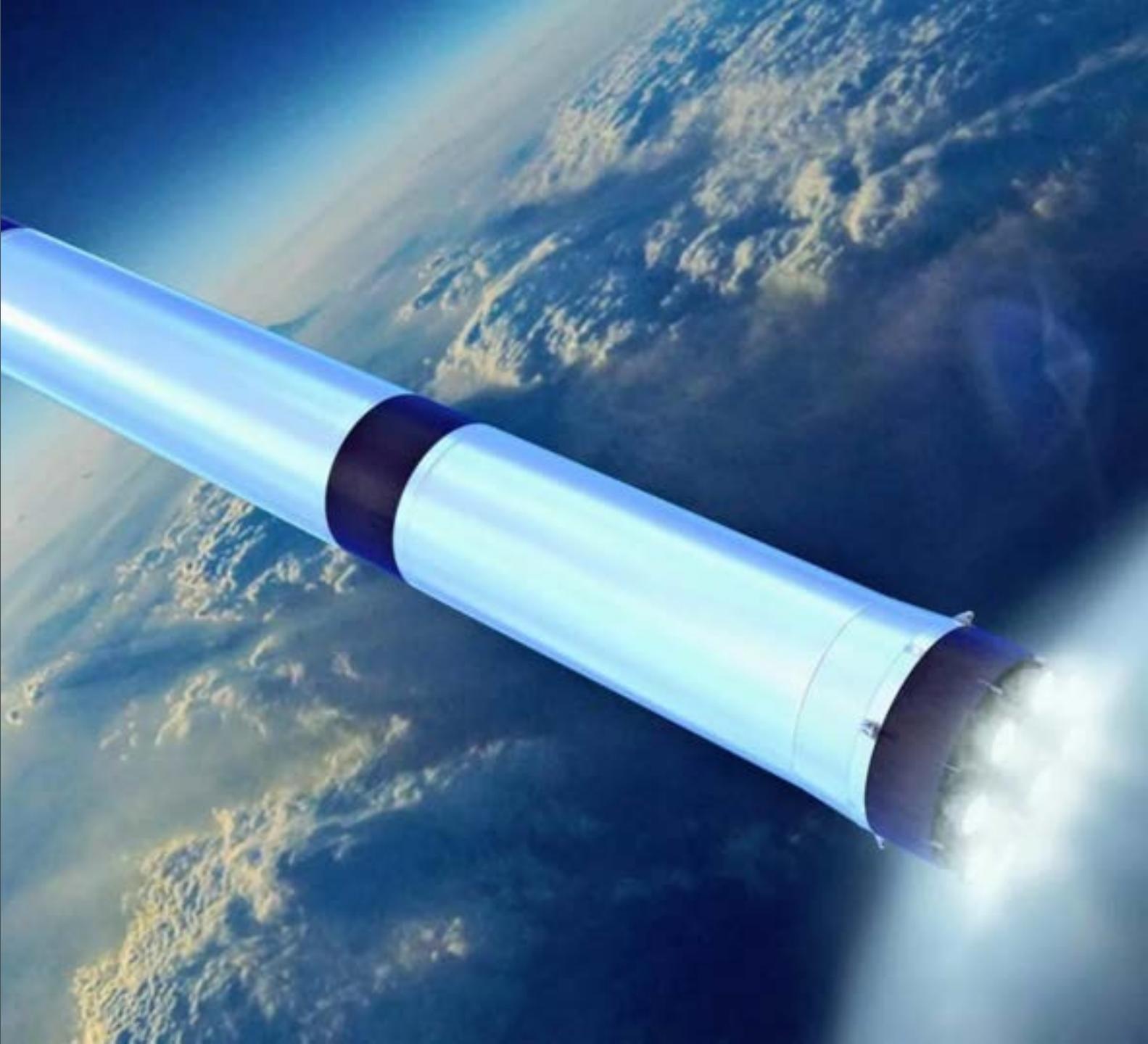
**KIMIA TINGKATAN 5 KSSM
OLEH CIKGU NORAZILA KHALID
SMK ULUTIRAM , JOHOR**

I.I PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN



PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN

- Roket memerlukan daya tujuan yang tinggi untuk berlepas ke angkasa.
- Daya tujuan tersebut dihasilkan melalui tindak balas pembakaran antara bahan bakar dan oksigen.
- Tindak balas pembakaran merupakan satu contoh tindak balas redoks.



TINDAK BALAS REDOKS

- **Tindak balas redoks ialah tindak balas kimia yang melibatkan pengoksidaan dan penurunan berlaku secara serentak.**
- **Tindak balas redoks pada asalnya dirujuk kepada tindak balas yang melibatkan oksigen.**



Penambahan atau kehilangan oksigen

Penambahan atau kehilangan hidrogen

Tindak Balas Pengoksidaan dan Penurunan

Pemindahan elektron

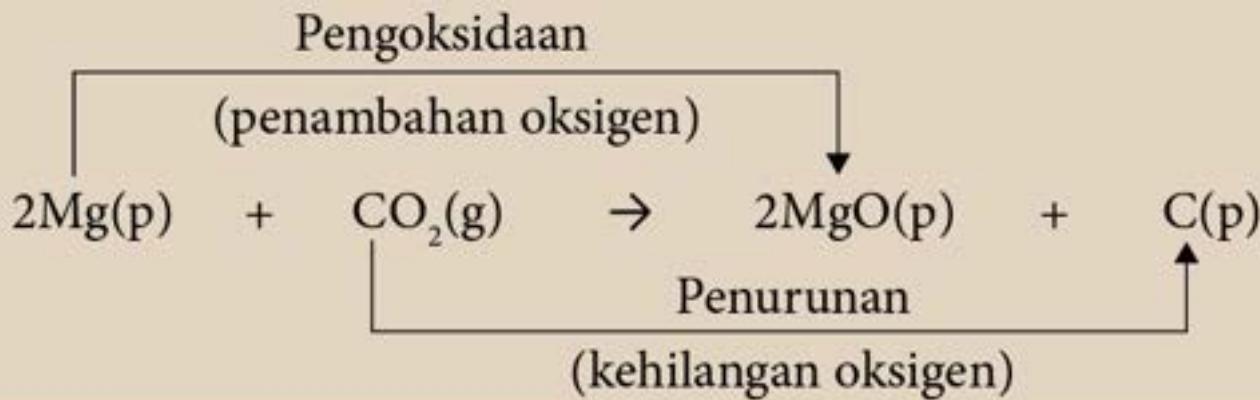
Perubahan nombor pengoksidaan

Rajah 1.1 Tindak balas redoks



PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN DARI SEGI PENAMBAHAN DAN KEHILANGAN OKSIGEN

- **Tindak balas pengoksidaan berlaku apabila suatu bahan tindak balas mengalami penambahan oksigen. Tindak balas penurunan berlaku apabila suatu bahan tindak balas mengalami kehilangan oksigen.**
- **Pengertian tindak balas pengoksidaan dan penurunan diterangkan berdasarkan penambahan dan kehilangan oksigen.**



Bahan dioksidakan: Magnesium, Mg

Magnesium, Mg mengalami penambahan oksigen.

Bahan diturunkan: Karbon dioksida, CO₂

Karbon dioksida, CO₂ mengalami kehilangan oksigen.

Agen pengoksidaan: Karbon dioksida, CO₂

Karbon dioksida, CO₂ telah mengoksidakan magnesium, Mg.

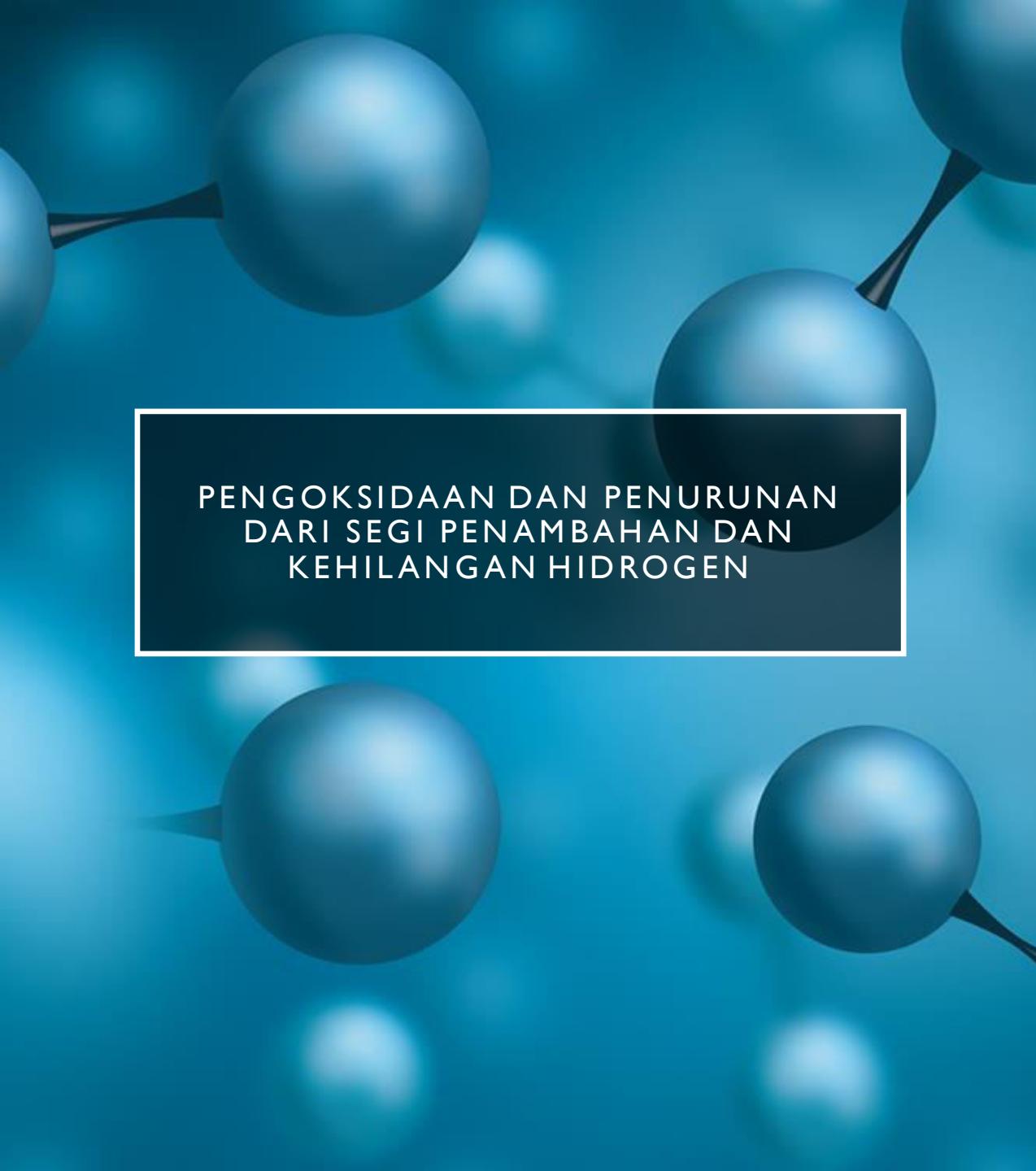
Agen penurunan: Magnesium, Mg

Magnesium, Mg telah menurunkan karbon dioksida, CO₂.



PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN DARI SEGI PENAMBAHAN DAN KEHILANGAN HIDROGEN

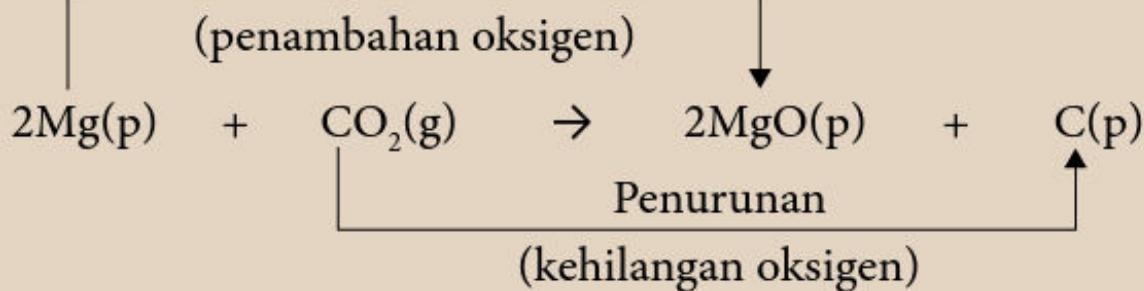
- Ahli kimia memperluas pengertian pengoksidaan dan penurunan kepada sebatian yang bertindak balas dengan hidrogen atau bahan tindak balas yang mengandungi hidrogen.
- Pengertian tindak balas pengoksidaan dan penurunan diterangkan berdasarkan kehilangan dan penambahan hidrogen.



PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN
DARI SEGI PENAMBAHAN DAN
KEHILANGAN HIDROGEN

- **Tindak balas pengoksidaan berlaku apabila suatu bahan tindak balas mengalami kehilangan hidrogen**
- **Tindak balas penurunan berlaku apabila suatu bahan tindak balas mengalami penambahan hidrogen.**

Pengoksidaan



Bahan dioksidakan: Magnesium, Mg

Magnesium, Mg mengalami penambahan oksigen.

Bahan diturunkan: Karbon dioksida, CO₂

Karbon dioksida, CO₂ mengalami kehilangan oksigen.

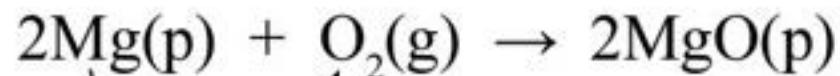
Agen pengoksidaan: Karbon dioksida, CO₂

Karbon dioksida, CO₂ telah mengoksidakan magnesium, Mg.

Agen penurunan: Magnesium, Mg

Magnesium, Mg telah menurunkan karbon dioksida, CO₂.

- Pembakaran magnesium, Mg dalam oksigen, O₂ menghasilkan magnesium oksida, MgO. Magnesium oksida, MgO ialah sebatian ion yang terbentuk apabila elektron dipindahkan daripada logam kepada bukan logam.



Pemindahan elektron

- Pengertian tindak balas pengoksidaan dan penurunan diterangkan berdasarkan pemindahan elektron.

PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN DARI SEGI PEMINDAHAN ELEKTRON

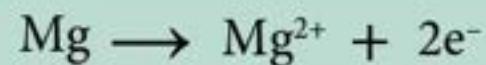
- **Tindak balas pengoksidaan berlaku apabila suatu bahan tindak balas kehilangan elektron.**
- **Tindak balas penurunan berlaku apabila suatu bahan tindak balas menerima elektron.**



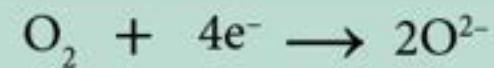
- **Bukan semua tindak balas redoks dapat diterangkan berdasarkan penambahan dan kehilangan oksigen atau hidrogen.**
- **Sejak penemuan elektron oleh J.J.Thomson pada tahun 1897, ahli kimia mula menggunakan konsep pemindahan elektron untuk menerangkan tindak balas redoks.**
- **Banyak tindak balas redoks dapat diterangkan dengan menggunakan konsep pemindahan elektron.**



Setengah persamaan tindak balas pengoksidaan:



Setengah persamaan tindak balas penurunan:



Bahan dioksidakan: Magnesium, Mg

Atom magnesium, Mg kehilangan elektron.

Bahan diturunkan: Oksigen, O₂

Molekul oksigen, O₂ menerima elektron.

Agen pengoksidaan: Oksigen, O₂

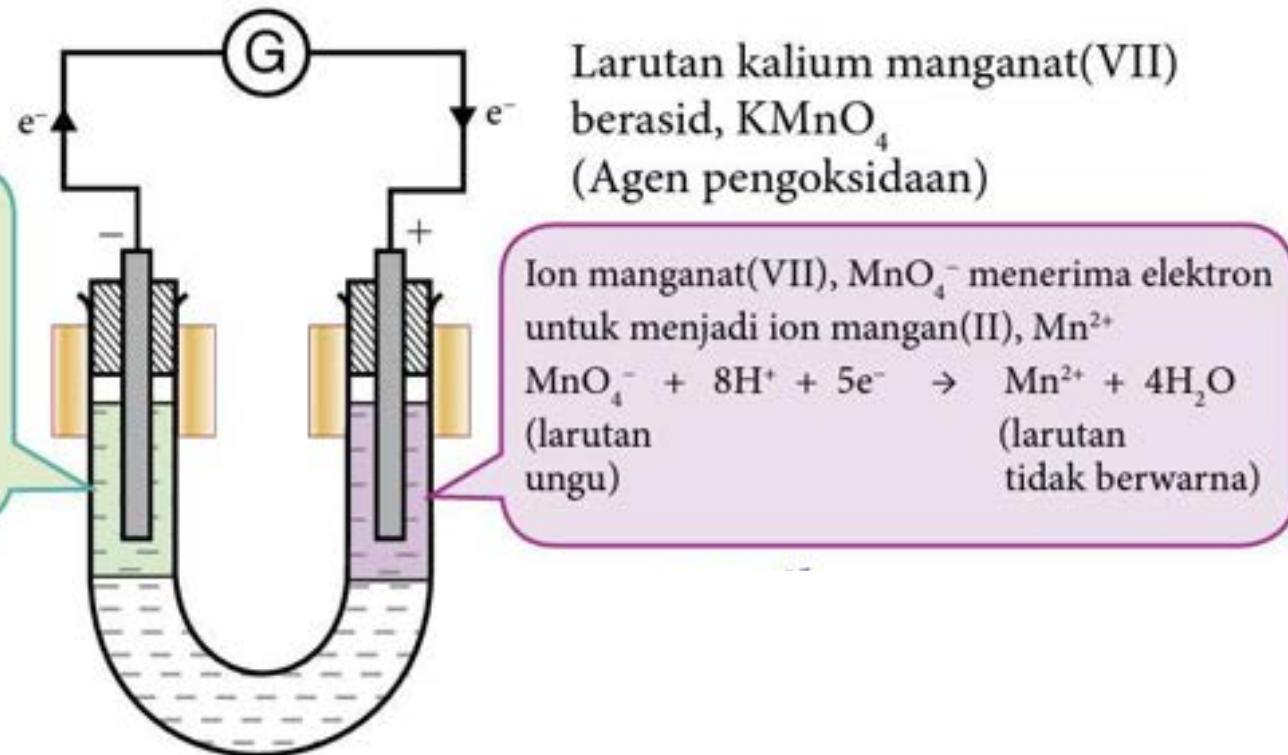
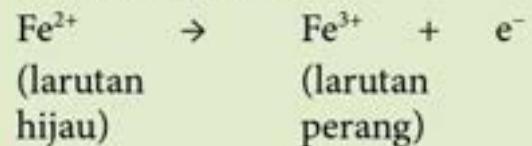
Oksigen, O₂ ialah penerima elektron.

Agen penurunan: Magnesium, Mg

Magnesium, Mg ialah penderma elektron.

Larutan ferum(II) sulfat, FeSO_4
(Agen penurunan)

Ion ferum(II), Fe^{2+} membebaskan elektron untuk menjadi ion ferum(III), Fe^{3+}



Larutan kalium manganat(VII) berasid, KMnO_4
(Agen pengoksidaan)

Ion manganat(VII), MnO_4^- menerima elektron untuk menjadi ion mangan(II), Mn^{2+}

$$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$$

(larutan ungu) (larutan tidak berwarna)

Rajah 1.3 Susunan radas untuk menyiasat pemindahan elektron pada suatu jarak

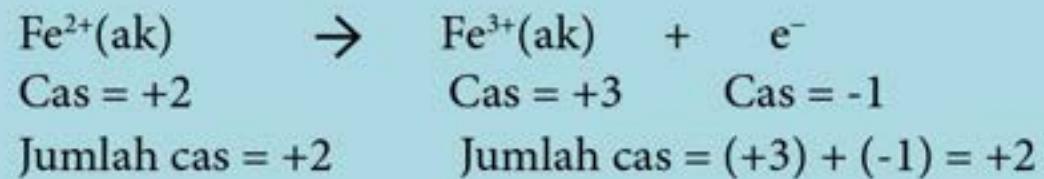
Menulis setengah persamaan pengoksidaan:

Warna hijau larutan ferum(II) sulfat, FeSO_4 bertukar kepada perang

- 1 Tuliskan bahan tindak balas dan hasil tindak balas.



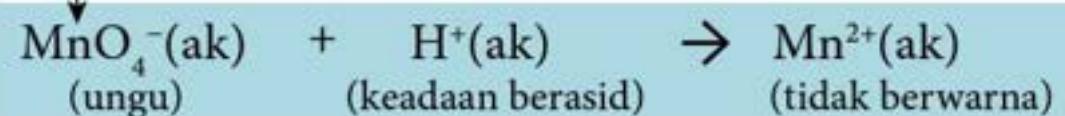
- 2 Tambah elektron pada bahagian cas positif yang lebih banyak supaya jumlah cas seimbang.



Menulis setengah persamaan penurunan:

Warna ungu larutan kalium manganat(VII) berasid, KMnO_4 bertukar kepada tidak berwarna

- 1 Tuliskan bahan tindak balas dan hasil tindak balas.



- 2 Seimbangkan bilangan atom setiap unsur.

Dalam keadaan berasid, tindak balas menghasilkan air

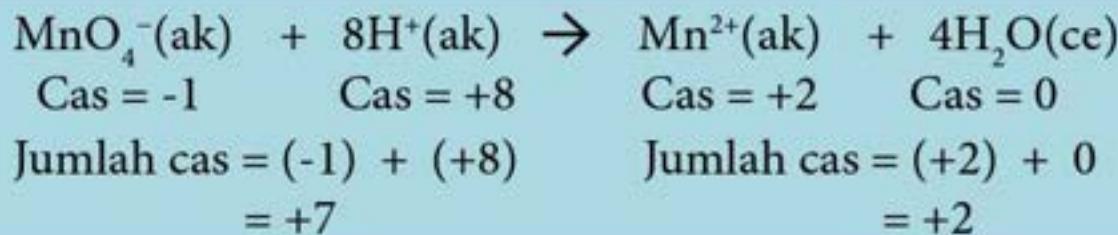


Dalam keadaan berasid, tindak balas menghasilkan air

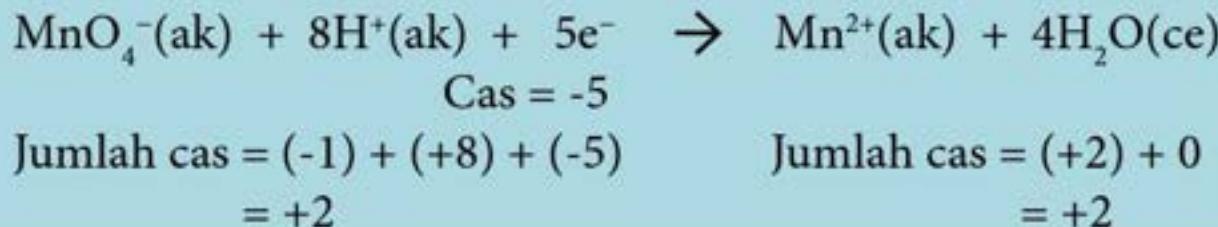
- 2 Seimbangkan bilangan atom setiap unsur.



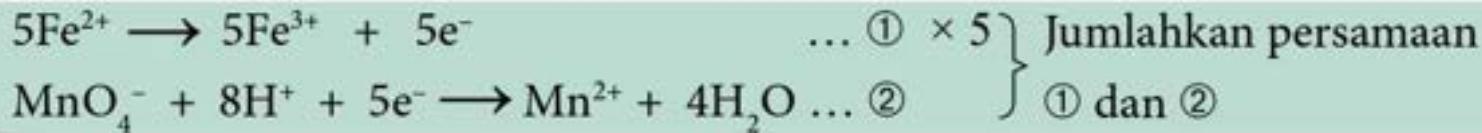
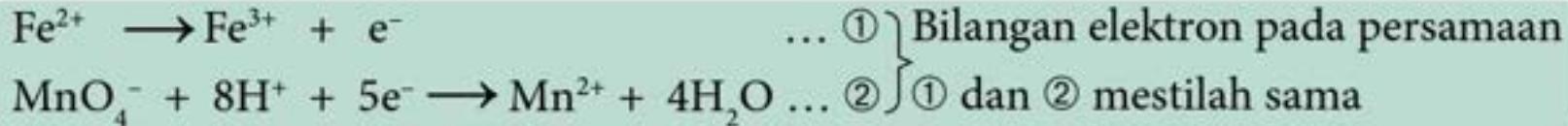
- 3 Hitung jumlah cas bahan tindak balas dan hasil tindak balas.



- 4 Tambah elektron pada bahagian cas positif yang lebih banyak supaya jumlah cas seimbang.



Setengah persamaan:



Persamaan ion:



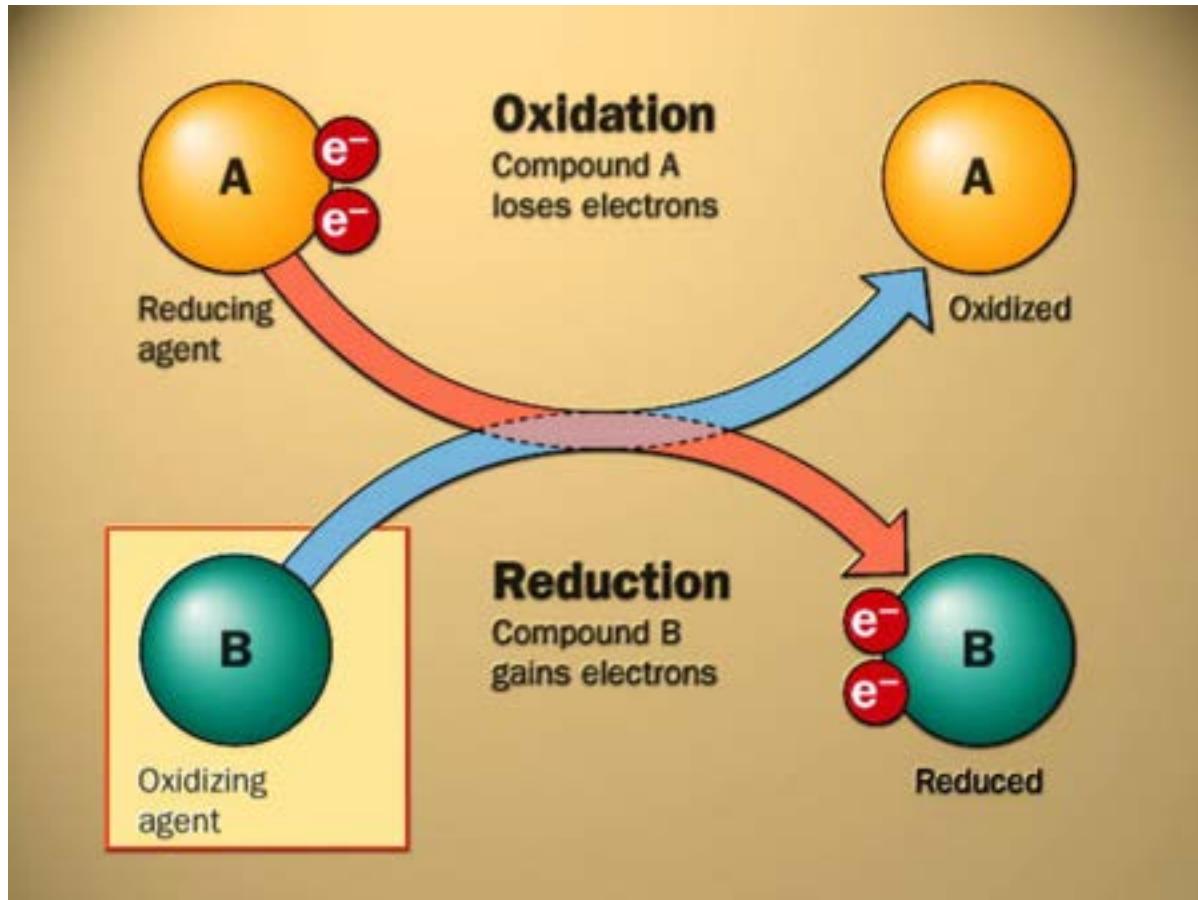
Jadual 1.1 Contoh agen pengoksidaan

Agen pengoksidaan	Setengah persamaan
Kalium manganat(VII) berasid, KMnO_4	$\text{MnO}_4^-(\text{ak}) + 8\text{H}^+(\text{ak}) + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ak}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{ce})$
Kalium dikromat(VI) berasid, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ak}) + 14\text{H}^+(\text{ak}) + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}(\text{ak}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{ce})$
Air klorin, Cl_2	$\text{Cl}_2(\text{ak}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{ak})$
Air bromin, Br_2	$\text{Br}_2(\text{ak}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Br}^-(\text{ak})$
Ferum(III) klorida, FeCl_3	$\text{Fe}^{3+}(\text{ak}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{ak})$
Hidrogen perokksida berasid, H_2O_2	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{ak}) + 2\text{H}^+(\text{ak}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{ce})$

Jadual 1.2 Contoh agen penurunan

Agen penurunan	Setengah persamaan
Kalium iodida, KI	$2\text{I}^-(\text{ak}) \rightarrow \text{I}_2(\text{ak}) + 2\text{e}^-$
Kalium bromida, KBr	$2\text{Br}^-(\text{ak}) \rightarrow \text{Br}_2(\text{ak}) + 2\text{e}^-$
Ferum(II) sulfat, FeSO_4	$\text{Fe}^{2+}(\text{ak}) \rightarrow \text{Fe}^{3+}(\text{ak}) + \text{e}^-$
Logam reaktif (contoh: zink, Zn)	$\text{Zn}(\text{p}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{ak}) + 2\text{e}^-$
Sulfur dioksida, SO_2	$\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ce}) \rightarrow \text{SO}_4^{2-}(\text{ak}) + 4\text{H}^+(\text{ak}) + 2\text{e}^-$

PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN DARI SEGI PERUBAHAN NOMBOR PENGOKSIDAAN



- Ahli kimia mendapati konsep pemindahan elektron dalam menerangkan tindak balas redoks adalah terhad kepada tindak balas yang melibatkan sebatian ion.
- Oleh itu, maksud pengoksidaan dan penurunan diperluas dengan menggunakan konsep nombor pengoksidaan untuk menerangkan tindak balas redoks bagi merangkumi semua tindak balas.

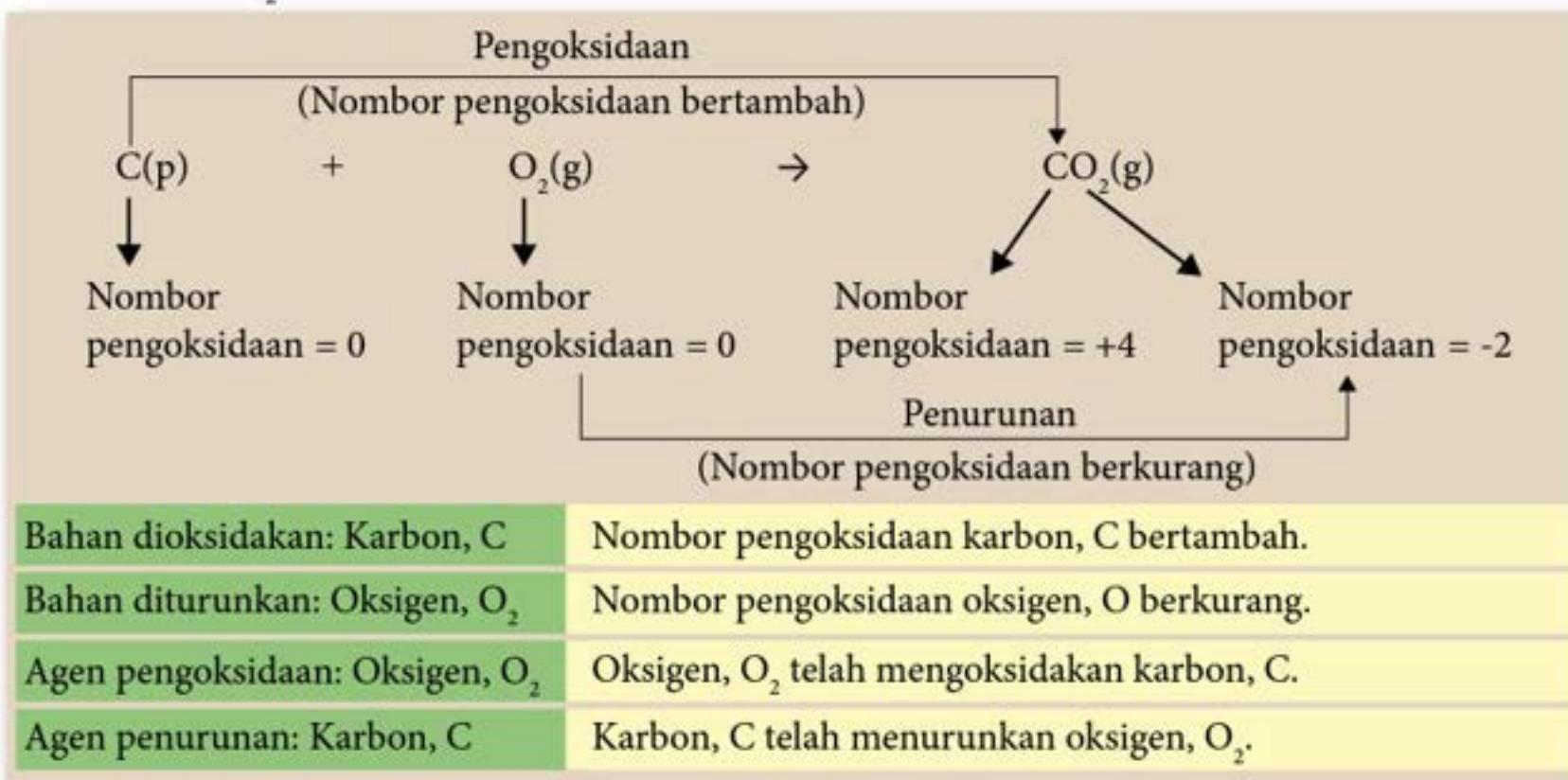
PENGOKSIDAAN DAN PENURUNAN DARI SEGI PERUBAHAN NOMBOR PENGOKSIDAAN



Tindak balas pengoksidaan berlaku apabila nombor pengoksidaan suatu unsur dalam bahan tindak balas bertambah.

Tindakbalas penurunan berlaku apabila nombor pengoksidaan suatu unsur dalam bahan tindak balas berkurang.

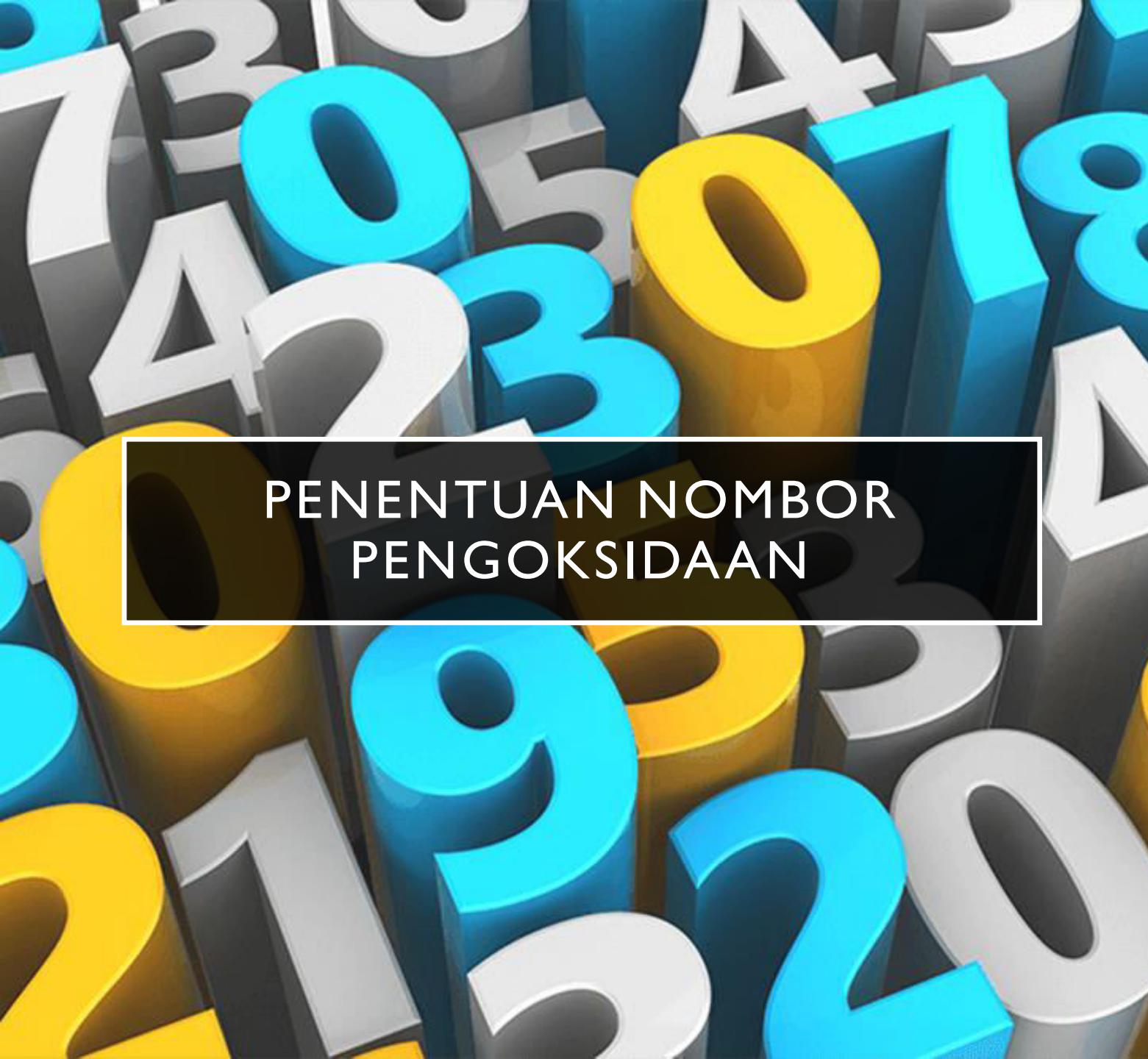
- Contoh tindak balas adalah antara karbon, C dan oksigen, O₂ yang menghasilkan karbon dioksida, CO₂,



KESIMPULAN

- **Agen pengoksidaan ialah bahan yang mengoksidakan bahan lain dan diturunkan dalam tindak balas redoks.**
- **Agen penurunan ialah bahan yang menurunkan bahan lain dan dioksidakan dalam tindak balas redoks.**





PENENTUAN NOMBOR PENGOKSIDAAN

Nombor pengoksidaan atau keadaan pengoksidaan ialah cas unsur dalam sebatian jika pemindahan elektron berlaku dalam atom untuk membentuk ikatan kimia dengan atom lain.

Nombor pengoksidaan sesuatu unsur dalam ion atau sebatian ditentukan berdasarkan garis panduan

1

Nombor pengoksidaan bagi semua unsur ialah sifar.

Unsur	Nombor pengoksidaan
Natrium, Na	0
Karbon, C	0
Helium, He	0
Oksigen, O ₂	0
Klorin, Cl ₂	0



2

Nombor pengoksidaan bagi ion monoatom adalah bersamaan dengan cas pada ion itu.

Ion monoatom	Nombor pengoksidaan
Ion kuprum(II), Cu ²⁺	+2
Ion kalium, K ⁺	+1
Ion bromida, Br ⁻	-1
Ion oksida, O ²⁻	-2
Ion aluminium, Al ³⁺	+3

3

Nombor pengoksidaan unsur dalam sebatiananya bagi Kumpulan 1, Kumpulan 2 dan Kumpulan 13 dalam Jadual Berkala masing-masing ialah +1, +2 dan +3.

Sebatian	Nombor pengoksidaan	Sebatian	Nombor pengoksidaan
Litium klorida, <u>Li</u> Cl	+1	Magnesium oksida, <u>Mg</u> O	+2
Natrium oksida, <u>Na</u> ₂ O	+1	Aluminium klorida, <u>Al</u> Cl ₃	+3

4

Jumlah nombor pengoksidaan atom unsur dalam suatu sebatian ialah sifar.

Contoh:

Jumlah nombor pengoksidaan bagi natrium klorida, NaCl.

Nombor pengoksidaan Na + Nombor pengoksidaan Cl

$$= (+1) + (-1) = 0$$

Tentukan nombor pengoksidaan sulfur dalam sulfur trioksida, SO₃.

$$x + 3(-2) = 0$$

$$x = +6$$

Nombor pengoksidaan S = +6

5

Jumlah nombor pengoksidaan atom unsur dalam suatu ion poliatom adalah bersamaan dengan cas pada ion itu.

Contoh:

Jumlah nombor pengoksidaan bagi ion ammonium, NH_4^+ .

$$\begin{aligned}\text{Nombor pengoksidaan N} + \text{Nombor pengoksidaan } 4\text{H} \\ = (-3) + 4(+1) = +1\end{aligned}$$

Tentukan nombor pengoksidaan karbon dalam ion karbonat, CO_3^{2-} .

$$x + 3(-2) = -2$$

$$x = +4$$

Nombor pengoksidaan C = +4

6

Nombor pengoksidaan bagi hidrogen dalam sebatian biasanya ialah +1, kecuali dalam logam hidrida, iaitu -1.

Nombor pengoksidaan hidrogen dalam sebatian hidrogen klorida, HCl .

$$x + (-1) = 0$$

$$x = +1$$

Nombor pengoksidaan H = +1

Tentukan nombor pengoksidaan hidrogen dalam natrium hidrida, NaH .

$$+1 + x = 0$$

$$x = -1$$

Nombor pengoksidaan H = -1

7

Nombor pengoksidaan bagi oksigen dalam sebatian biasanya ialah -2, kecuali dalam sebatian peroksida, iaitu -1.

Nombor pengoksidaan oksigen dalam magnesium oksida, $Mg\text{O}$.

$$(+2) + x = 0$$

$$x = -2$$

$$\text{Nombor pengoksidaan O} = -2$$

Tentukan nombor pengoksidaan oksigen dalam hidrogen peroksida, H_2O_2 .

$$2(+1) + 2x = 0$$

$$2x = -2$$

$$x = -1$$

$$\text{Nombor pengoksidaan O} = -1$$



8

Nombor pengoksidaan bagi unsur Kumpulan 17 dalam sebatian biasanya -1.

- Nombor pengoksidaan fluorin sentiasa -1.
- Nombor pengoksidaan klorin, bromin dan iodin biasanya -1, kecuali apabila unsur itu terikat kepada unsur lain yang lebih elektronegatif seperti oksigen, maka nombor pengoksidaannya akan bernilai positif.

Nombor pengoksidaan fluorin dalam sebatian hidrogen fluorida, HF.

$$(+1) + x = 0$$

$$x = -1$$

Nombor pengoksidaan F = -1

Nombor pengoksidaan klorin dalam kalium klorat(I), KClO.

$$(+1) + x + (-2) = 0$$

$$x = +1$$

Nombor pengoksidaan Cl = +1

Nombor pengoksidaan bromin dalam ion bromat(V), BrO₃⁻.

$$x + 3 (-2) = -1$$

$$x = +5$$

Nombor pengoksidaan Br = +5

NOMBOR PENGOKSIDAAN DAN PENAMAAN SEBATIAN MENGIKUT SISTEM PENAMAAN IUPAC

Unsur-unsur peralihan ialah logam yang lazimnya menunjukkan lebih daripada satu nombor pengoksidaan dalam sebatianya.

Mengikut sistem penamaan IUPAC, angka roman digunakan untuk menunjukkan nombor pengoksidaan logam yang tersebut dalam sebatianya.

LABELLED ROMAN NUMERALS

I
ONE

II
TWO

III
THREE

IV
FOUR

V
FIVE

VI
SIX

VII
SEVEN

VIII
EIGHT

IX
NINE

X
TEN

XI
ELEVEN

XII
TWELVE

XIII
THIRTEEN

XIV
FOURTEEN

XV
FIFTEEN

XVI
SIXTEEN

XVII
SEVENTEEN

XVIII
EIGHTEEN

XIX
NINETEEN

XX
TWENTY

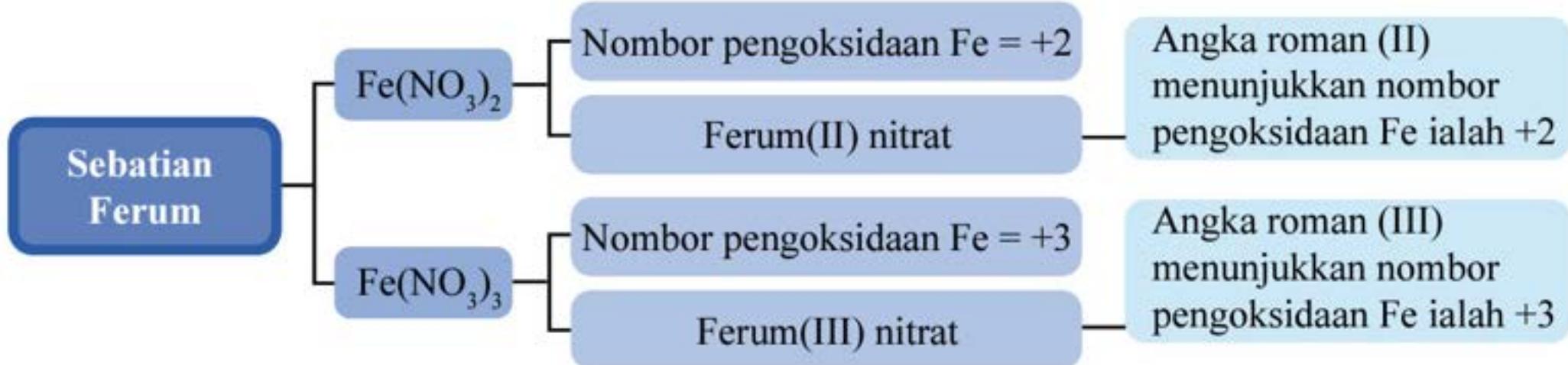
L
FIFTY

C
ONE HUNDRED

D
FIVE HUNDRED

M
ONE THOUSAND

CLIP ART SET FOR COMMERCIAL USE



Rajah 1.4 Penamaan mengikut sistem IUPAC bagi sebatian ferum

Jadual 1.4 Nama sebatian mengikut sistem penamaan IUPAC

Formula sebatian	Nombor pengoksidaan	Nama IUPAC
MnO_2	Nombor pengoksidaan mangan ialah +4	Mangan(IV) oksida
KMnO_4	Nombor pengoksidaan mangan ialah +7	Kalium manganat(VII)
CrCl_3	Nombor pengoksidaan kromium ialah +3	Kromium(III) klorida
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Nombor pengoksidaan kromium ialah +6	Kalium dikromat(VI)

- Sebatian ion ferum(II), Fe^{2+} dan sebatian ion ferum(III), Fe^{3+} banyak digunakan dalam kehidupan kita. Gambar foto 1.3 menunjukkan pil zat besi mengandungi ferum(II) glukonat, $\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2$ yang diberikan kepada pesakit anemia dan wanita hamil.
- Kehadiran ion ferum(II), Fe^{2+} dan ion ferum(III), Fe^{3+} dapat ditentusahkan dengan menggunakan larutan natrium hidroksida, NaOH , ammonia akueus, NH_3 , larutan kalium heksasianoferat(II), $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, larutan kalium heksasianoferat(III), $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ atau larutan kalium tiosianat, KSCN .

PERTUKARAN ION FERUM(II), FE^{2+} KEPADA
ION FERUM(III), FE^{3+} DAN SEBALIKNYA

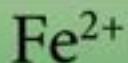


Pertukaran ion ferum(II), Fe^{2+} kepada ion ferum(III), Fe^{3+} dan sebaliknya pada Rajah 1.7 menunjukkan perubahan nombor pengoksidaan dalam tindak balas redoks yang mempunyai kaitan dengan pemindahan elektron.

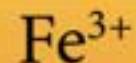
e^{2+}

Tindak balas pengoksidaan

- Nombor pengoksidaan ferum bertambah daripada +2 kepada +3
- Ion ferum(II), Fe^{2+} membebaskan elektron menghasilkan ion Fe^{3+}



Nombor pengoksidaan = +2

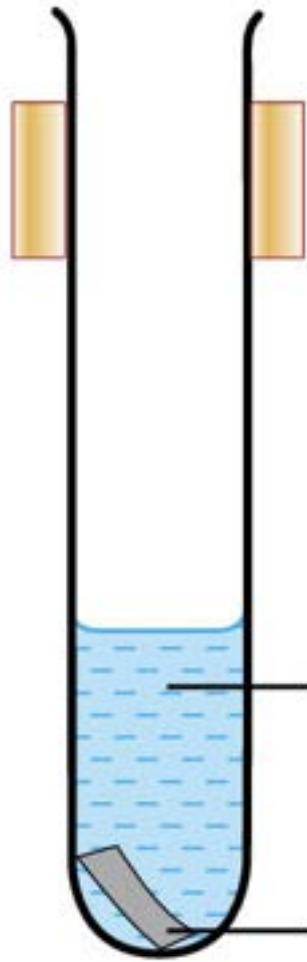


Nombor pengoksidaan = +3

Tindak balas penurunan

- Nombor pengoksidaan ferum berkurang daripada +3 kepada +2
- Ion ferum(III), Fe^{3+} menerima elektron menghasilkan ion Fe^{2+}

TINDAK BALAS PENYESARAN LOGAM DARIPADA LARUTAN GARAMNYA



Larutan
kuprum(II)
nitrat, Cu(NO₃)₂
Zink, Zn

- Penyesaran logam dilakukan dengan meletakkan satu logam ke dalam larutan garam logam lain
- Logam yang lebih elektropositif berupaya menyesarkan logam yang kurang elektropositif daripada larutan garamnya.

Pemerhatian	Inferens
Warna biru larutan kuprum(II) nitrat, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ semakin pudar.	<ul style="list-style-type: none"> Kepekatan ion kuprum(II), Cu^{2+} semakin berkurangan.
Pepejal perang terenap.	<ul style="list-style-type: none"> Pepejal kuprum, Cu terbentuk. Ion kuprum(II), Cu^{2+} menerima dua elektron untuk membentuk atom kuprum, Cu. Ion kuprum(II), Cu^{2+} diturunkan.
Kepingan zink, Zn semakin nipis.	<ul style="list-style-type: none"> Atom zink, Zn mengion lalu membentuk ion zink, Zn^{2+}. Atom zink, Zn membebaskan dua elektron untuk membentuk ion zink, Zn^{2+}. Zink, Zn dioksidakan.

Setengah persamaan pengoksidaan: $Zn(p) \rightarrow Zn^{2+}(ak) + 2e^-$ (atom zink, Zn membebaskan elektron)

Setengah persamaan penurunan: $Cu^{2+}(ak) + 2e^- \rightarrow Cu(p)$ (ion kuprum(II), Cu²⁺ menerima elektron)

Persamaan ion: $Zn(p) + Cu^{2+}(ak) \rightarrow Zn^{2+}(ak) + Cu(p)$

Persamaan kimia: $Zn(p) + Cu(NO_3)_2(ak) \rightarrow Zn(NO_3)_2(ak) + Cu(p)$



- Keelektropositifan ialah kecenderungan atom membebaskan elektron untuk membentuk kation.
- Siri elektrokimia ialah satu siri penyusunan logam mengikut tertib keupayaan elektrod piaawai, E_0 dari paling negatif kepada paling positif.
- Logam yang lebih elektropositif adalah agen penurunan lebih kuat kerana nilai E_0 lebih negatif maka lebih mudah melepaskan elektron.

Ion logam

(Agen pengoksidaan)

Logam

(Agen penurunan)

Kekuatan sebagai agen pengoksidaan meningkat

K^+	$+ e^-$	$\downarrow \downarrow$
Ca^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Na^+	$+ e^-$	$\downarrow \downarrow$
Mg^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Al^{3+}	$+ 3e^-$	$\downarrow \downarrow$
Zn^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Fe^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Sn^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Pb^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
$2H^+$	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Cu^{2+}	$+ 2e^-$	$\downarrow \downarrow$
Ag^+	$+ e^-$	$\downarrow \downarrow$

K	$E^0 = -2.92\text{ V}$
Ca	$E^0 = -2.87\text{ V}$
Na	$E^0 = -2.71\text{ V}$
Mg	$E^0 = -2.38\text{ V}$
Al	$E^0 = -1.66\text{ V}$
Zn	$E^0 = -0.76\text{ V}$
Fe	$E^0 = -0.44\text{ V}$
Sn	$E^0 = -0.14\text{ V}$
Pb	$E^0 = -0.13\text{ V}$
H_2	$E^0 = 0.00\text{ V}$
Cu	$E^0 = +0.34\text{ V}$
Ag	$E^0 = +0.80\text{ V}$

Kekuatan sebagai agen penurunan meningkat

Logam yang lebih elektropositif berada pada kedudukan yang lebih tinggi dalam siri elektrokimia.

Tindak balas yang berlaku melibatkan pemindahan elektron daripada atom logam kepada ion logam.

Semakin elektropositif sesuatu logam, semakin mudah atom logam itu melepaskan elektron.

Logam yang berada di bahagian atas dalam siri elektrokimia merupakan **agen penurunan** yang lebih kuat.

Sebaliknya, semakin rendah kedudukan sesuatu ion logam dalam siri elektrokimia, semakin mudah ion logam itu menerima elektron.

Ion logam yang berada di bahagian bawah dalam siri elektrokimia merupakan **agen pengoksidaan** yang lebih kuat.

Rajah 1.9 Siri Elektrokimia

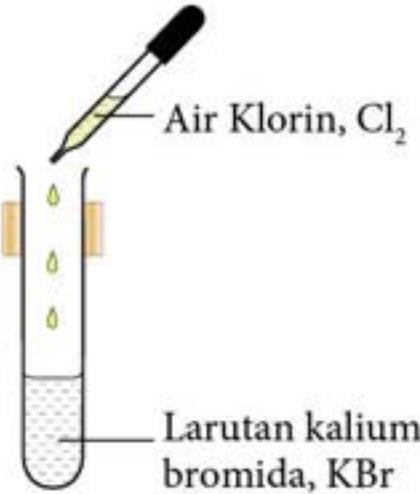


TINDAK BALAS PENYESARAN HALOGEN DARIPADA LARUTAN HALIDANYA

- Atom unsur halogen cenderung menerima elektron untuk membentuk ion halida.
- Oleh itu, halogen mengalami tindak balas penurunan dan bertindak sebagai agen pengoksidaan.
- Penyesaran halogen dilakukan dengan menambahkan satu halogen kedalam suatu larutan halida lain.
- Halogen yang berada lebih atas dalam Kumpulan I 7 (lebih reaktif) dapat menyesarkan halogen dibawah (kurang reaktif) daripada larutan halidanya.

Menuruni Kumpulan 17
kereaktifan unsur halogen
semakin berkurangan

- Atom unsur halogen semakin sukar menerima elektron. Oleh itu, kekuatan halogen sebagai agen pengoksidaan semakin berkurangan.
- Sebaliknya ion halida semakin mudah membebaskan elektron. Oleh itu, kekuatan ion halida sebagai agen penurunan semakin meningkat.



Rajah 1.10

Pemerhatian

Warna larutan kalium bromida, KBr bertukar daripada tidak berwarna kepada perang.

Warna air klorin, Cl_2 bertukar daripada kuning kehijauan kepada tidak berwarna.

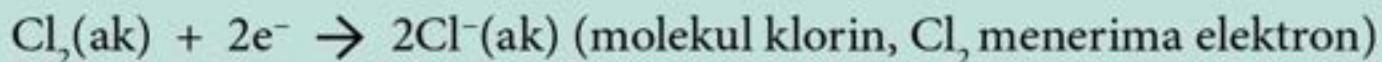
Inferens

- Bromin, Br_2 terhasil.
- Ion bromida, Br^- membebaskan elektron lalu membentuk molekul bromin, Br_2 .
- Ion bromida, Br^- dioksidakan.
- Molekul klorin, Cl_2 menerima elektron lalu membentuk ion klorida, Cl^- .
- Klorin, Cl_2 diturunkan.

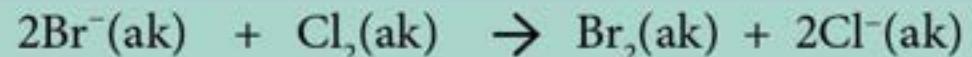
Setengah persamaan pengoksidaan:



Setengah persamaan penurunan:



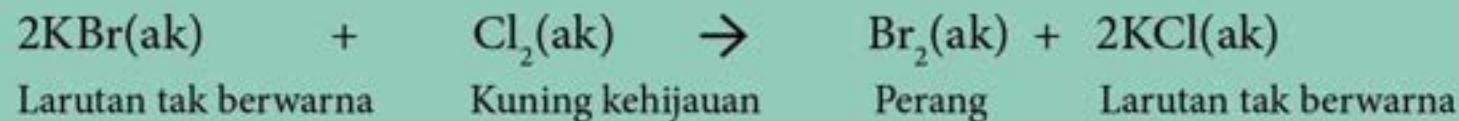
Persamaan ion:



Agen
penurunan Agen
pengoksidaan

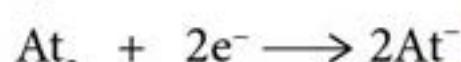
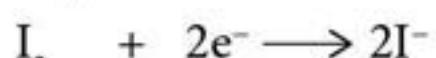
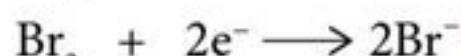
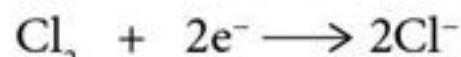
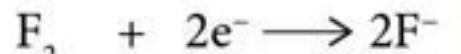
Pemindahan elektron

Persamaan kimia:



Halogen (Agen Pengoksidaan)

Kekuatan sebagai agen pengoksidaan meningkat



Ion Halida (Agen penurunan)

Kekuatan sebagai agen penurunan meningkat

Semakin reaktif suatu halogen, semakin mudah halogen itu menerima elektron.

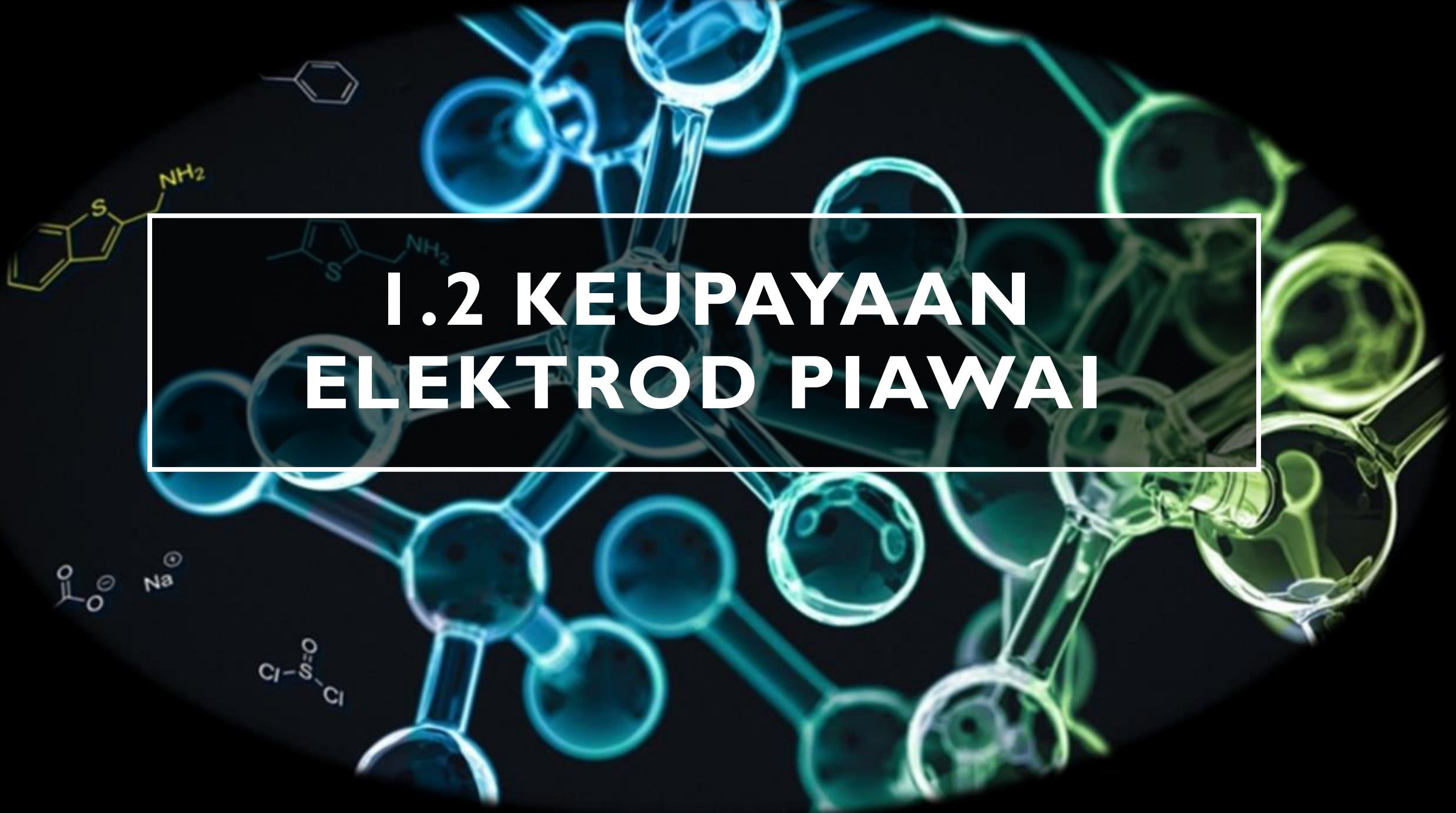
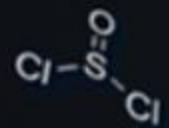
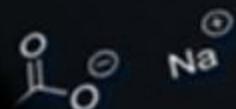
Halogen yang berada di bahagian atas Kumpulan 17 merupakan **agen pengoksidaan** yang lebih kuat.

Sebaliknya, semakin rendah kedudukan ion halida dalam Kumpulan 17, semakin mudah ion halida itu melepaskan elektron.

Ion halida yang berada di bahagian bawah dalam Kumpulan 17 merupakan **agen penurunan** yang lebih kuat.

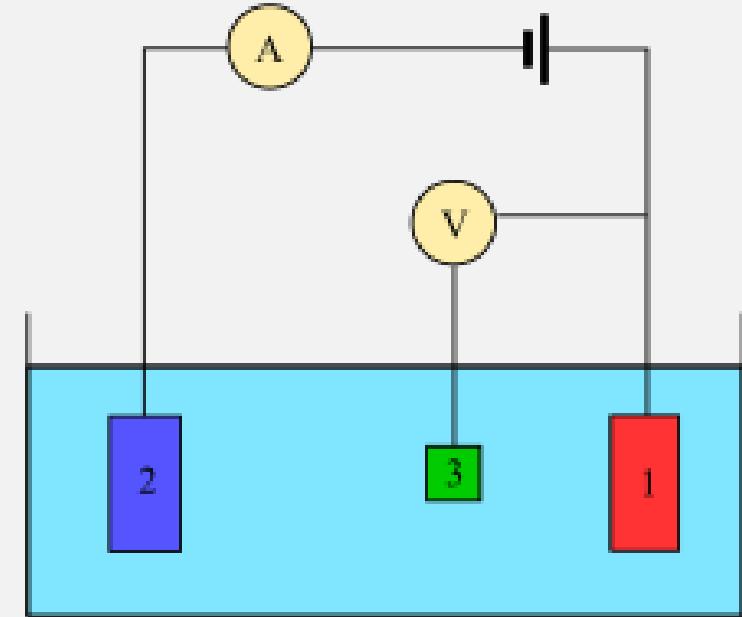
Rajah 1.11 Unsur Kumpulan 17

I.2 KEUPAYAAN ELEKTROD PIAWAI



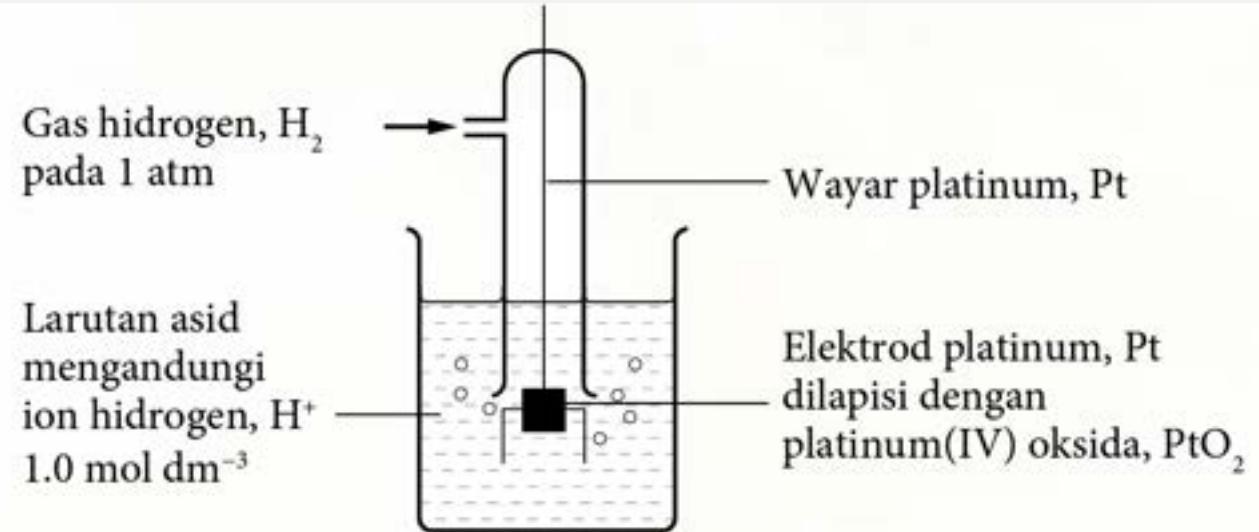
KEUPAYAAN ELEKTROD PIAWAI

- Keupayaan elektrod ialah beza keupayaan yang terhasil apabila wujud keseimbangan antara kepingan logam M dan larutan akueus yang mengandungi ion logam Mn^+ dalam sel setengah.
- Keupayaan elektrod suatu sel tidak dapat diukur secara langsung.
- Oleh itu, nilai keupayaan elektrod bagi suatu sistem ditentukan berdasarkan perbezaan keupayaan elektrod antara dua sel setengah.



- Keupayaan elektrod piawai, E° bagi sel diukur pada keadaan piawai, iaitu:
 - (i) Kepekatan ion di dalam larutan akueus 1.0 mol dm^{-3} .
 - (ii) Tekanan gas 1 atm atau 101 kPa .
 - (iii) Suhu 25°C atau 298K .
 - (iv) Platinum digunakan sebagai elektrod lengai apabila sel setengah bukan elektrod logam.

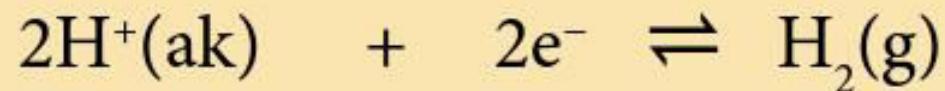
ELEKTROD HIDROGEN PIAWAI



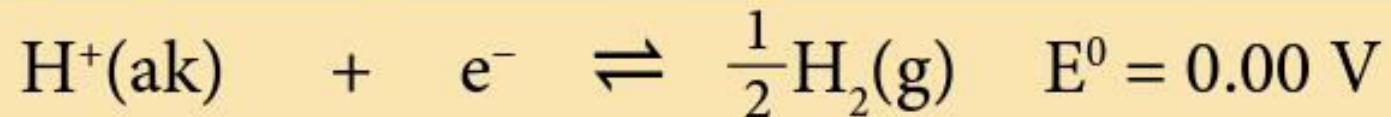
Rajah 1.14 Elektrod hidrogen piawai

- **Elektrod hidrogen piawai terdiri daripada satu elektrod platinum,Pt yang direndam kedalam larutan asid yang mengandungi ion hidrogen, H^+ 1.0 mol dm⁻³ dan gas hidrogen, H_2 pada tekanan 1 atm dialirkkan kedalam larutan asid itu.**

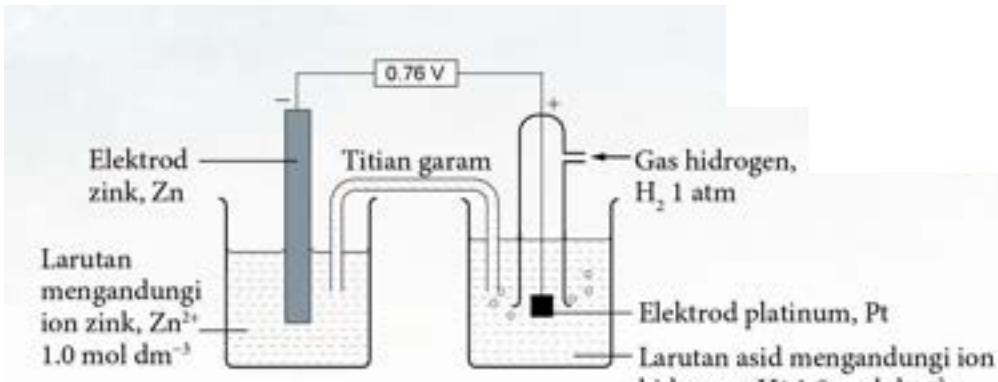
- Persamaan sel setengah hidrogen ialah:



- Keupayaan elektrod hidrogen piawai, E^0 diberi nilai 0.00 V



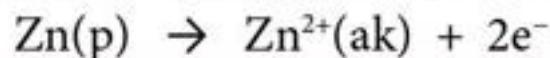
NILAI KEUPAYAAN ELEKTROD PIAWAI, E°



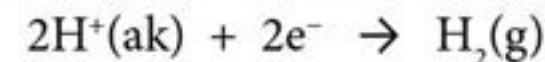
Rajah 1.15 Susunan radas untuk menentukan keupayaan elektrod piaawai, E° zink

- Oleh sebab keupayaan elektrod hidrogen piaawai ialah 0.00V,maka bacaan voltmeter 0.76V menunjukkan keupayaan elektrod zink.
- Zink,Zn adalah lebih cenderung untuk membebaskan elektron berbanding hidrogen.
- Maka zink,Zn menjadi terminal negatif.
- Elektron bergerak dari elektrod zink,Zn(terminal negatif) keelektrod platinum,Pt (terminal positif) melalui wayar penyambung.

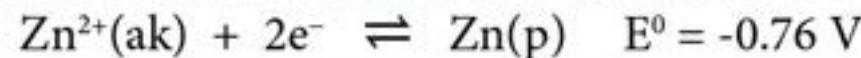
- Setengah persamaan di terminal negatif (tindak balas pengoksidaan)



- Setengah persamaan di terminal positif (tindak balas penurunan)



- Keupayaan elektrod piawai sel setengah zink mesti ditulis sebagai penurunan



- Tanda negatif menunjukkan elektrod zink ialah terminal negatif apabila disambungkan kepada elektrod hidrogen piawai.

Agen Pengoksidaan dan Agen Penurunan Berdasarkan Nilai Keupayaan Elektrod Piaawai

- Jadual 1.6 menunjukkan sebahagian siri keupayaan elektrod piaawai bagi sel setengah yang disusun dalam tertib meningkat nilai keupayaan elektrod piaawai daripada yang paling negatif hingga yang paling positif.
- Keupayaan elektrod piaawai, E° juga dikenali sebagai keupayaan penurunan piaawai. Semua persamaan sel setengah ditulis sebagai penurunan.
- Nilai E° ialah ukuran kecenderungan suatu bahan sama ada menerima atau membebaskan elektron.

Agen pengoksidaan + elektron \rightleftharpoons Agen penurunan

Jadual 1.6 Siri Keupayaan Elektrod Piawai

Tindak balas sel setengah	$E^{\circ} / V (298 K)$
$Li^+(ak) + e^- \rightleftharpoons Li(p)$	-3.04
$K^+(ak) + e^- \rightleftharpoons K(p)$	-2.92
$Ca^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Ca(p)$	-2.87
$Na^+(ak) + e^- \rightleftharpoons Na(p)$	-2.71
$Mg^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Mg(p)$	-2.38
$Al^{3+}(ak) + 3e^- \rightleftharpoons Al(p)$	-1.66
$Zn^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(p)$	-0.76
$Fe^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Fe(p)$	-0.44
$Ni^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Ni(p)$	-0.25
$Sn^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Sn(p)$	-0.14
$Pb^{2+}(ak) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(p)$	-0.13

$2\text{H}^+(\text{ak}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g})$	0.00
$\text{Cu}^{2+}(\text{ak}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{p})$	+0.34
$\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{ce}) + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 4\text{OH}^-(\text{ak})$	+0.40
$\text{I}_2(\text{p}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-(\text{ak})$	+0.54
$\text{Fe}^{3+}(\text{ak}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}(\text{ak})$	+0.77
$\text{Ag}^+(\text{ak}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{p})$	+0.80
$\text{Br}_2(\text{ce}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-(\text{ak})$	+1.07
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{ak}) + 14\text{H}^+(\text{ak}) + 6\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cr}^{3+}(\text{ak}) + 7\text{H}_2\text{O}(\text{ce})$	+1.33
$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{ak})$	+1.36
$\text{MnO}_4^-(\text{ak}) + 8\text{H}^+(\text{ak}) + 5\text{e}^- \rightleftharpoons$	

Nilai E° Ag lebih positif,

- Ion argentum, Ag^+ di sebelah kiri ialah agen pengoksidaan yang lebih kuat.
- Ion Ag^+ lebih mudah menerima elektron dan mengalami penurunan.
- Sebaliknya atom argentum, Ag di sebelah kanan sukar melepaskan elektron.

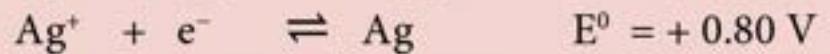
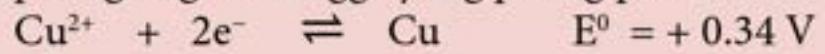
Nilai E° Mg lebih negatif,

- Atom magnesium, Mg di sebelah kanan ialah agen penurunan yang lebih kuat.
- Atom magnesium, Mg lebih mudah melepaskan elektron dan mengalami pengoksidaan.
- Sebaliknya ion magnesium, Mg^{2+} di sebelah kiri sukar menerima elektron.



Rajah 1.16 Hubungan nilai E° dengan kekuatan bahan sebagai agen pengoksidaan dan agen penurunan

- (i) Nilai keupayaan elektrod piawai, E° disusun daripada yang paling negatif hingga yang paling positif.



- (ii) Nilai E° Cu yang lebih negatif atau kurang positif daripada E° Ag:

- Kuprum, Cu ialah agen penurunan yang lebih kuat berbanding dengan Argentum, Ag.
- Oleh itu, atom kuprum, Cu cenderung membebaskan elektron untuk membentuk ion kuprum(II), Cu^{2+} .
- Kuprum, Cu mengalami tindak balas pengoksidaan.

Dawai kuprum, Cu dalam larutan argentum nitrat, AgNO_3

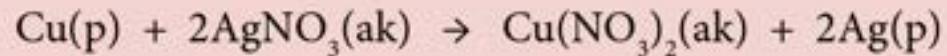


Gambar foto 1.4(a)
(Sumber: Quora.com, 2018)

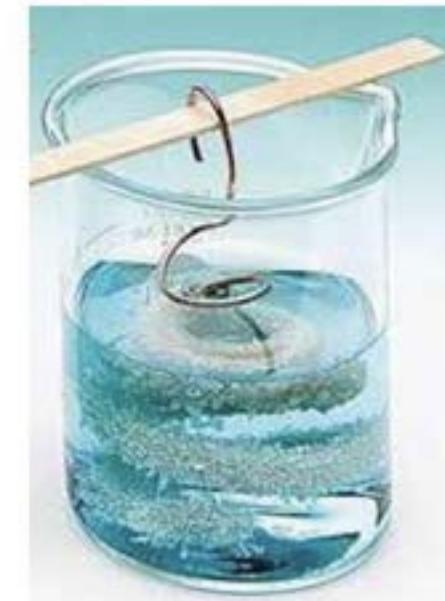
(iii) Nilai E° Ag lebih positif daripada E° Cu:

- Ion argentum, Ag^+ ialah agen pengoksidaan yang lebih kuat berbanding dengan ion kuprum(II), Cu^{2+} .
- Oleh itu, ion argentum, Ag^+ cenderung menerima elektron bagi membentuk atom argentum, Ag.
- Ion argentum, Ag^+ mengalami tindak balas penurunan.

Tindak balas penyesaran berlaku antara agen penurunan kuat, iaitu kuprum, Cu dengan agen pengoksidaan kuat, iaitu ion argentum, Ag^+ . Persamaan tindak balas penyesaran:

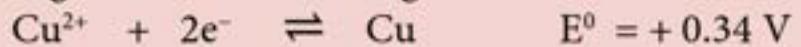
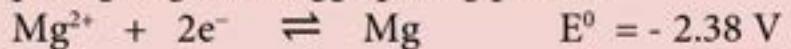


Dawai kuprum, Cu dalam larutan argentum nitrat, AgNO_3



Gambar foto 1.4(a)
(Sumber: Quora.com, 2018)

- (i) Nilai keupayaan elektrod piawai, E° di susun daripada yang paling negatif hingga paling positif.



- (ii) Nilai E° Cu lebih positif daripada E° Mg:

- Kuprum, Cu ialah agen penurunan yang lebih lemah berbanding dengan magnesium, Mg.
- Oleh itu, atom kuprum, Cu sukar untuk membebaskan elektron bagi membentuk ion kuprum(II), Cu^{2+} .
- Kuprum, Cu tidak mengalami pengoksidaan.

Dawai kuprum, Cu dalam larutan magnesium nitrat, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$



Gambar foto 1.4(b)
(Sumber: Quora.com, 2018)

(iii) Nilai E° Mg lebih negatif daripada E° Cu:

- Ion magnesium, Mg^{2+} ialah agen pengoksidaan yang lebih lemah berbanding dengan ion kuprum(II), Cu^{2+} .
- Oleh itu, ion magnesium, Mg^{2+} sukar untuk menerima elektron bagi membentuk atom magnesium, Mg.
- Ion magnesium, Mg^{2+} tidak mengalami penurunan.

Tindak balas penyesaran tidak berlaku antara agen penurunan lemah, iaitu kuprum, Cu dengan agen pengoksidaan lemah, iaitu ion magnesium, Mg^{2+} .

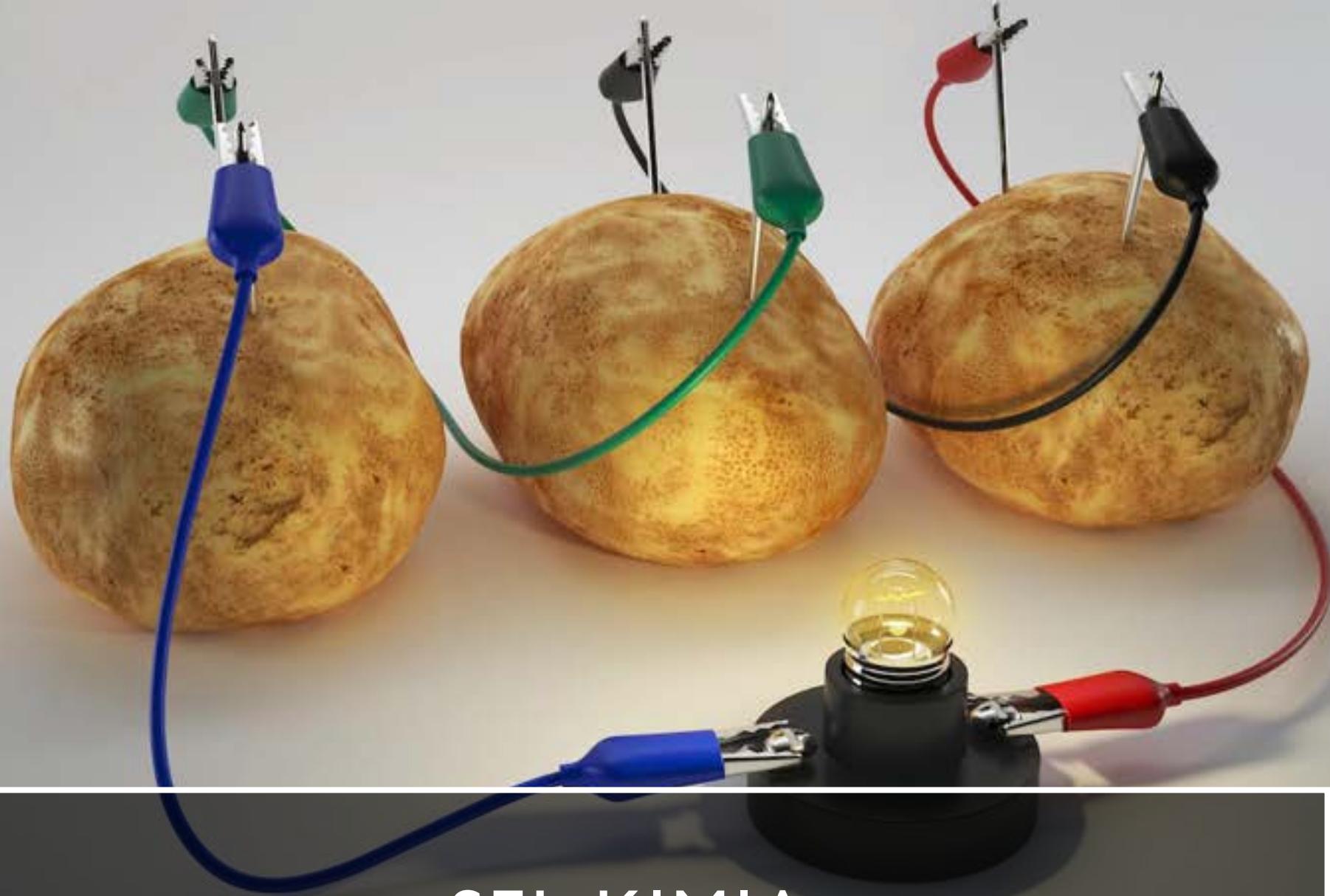
Dawai kuprum, Cu dalam larutan magnesium nitrat, $Mg(NO_3)_2$



Gambar foto 1.4(b)
(Sumber: Quora.com, 2018)

I.3 SEL KIMIA

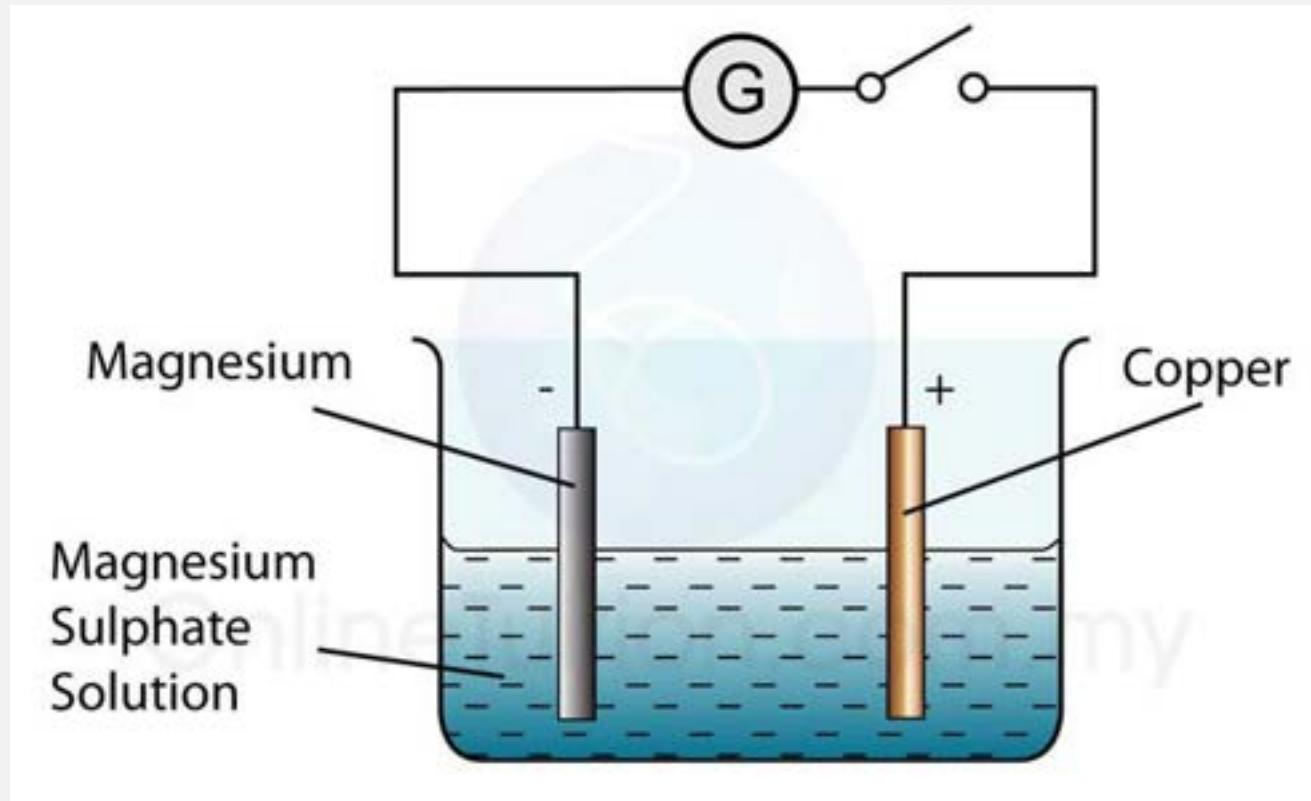




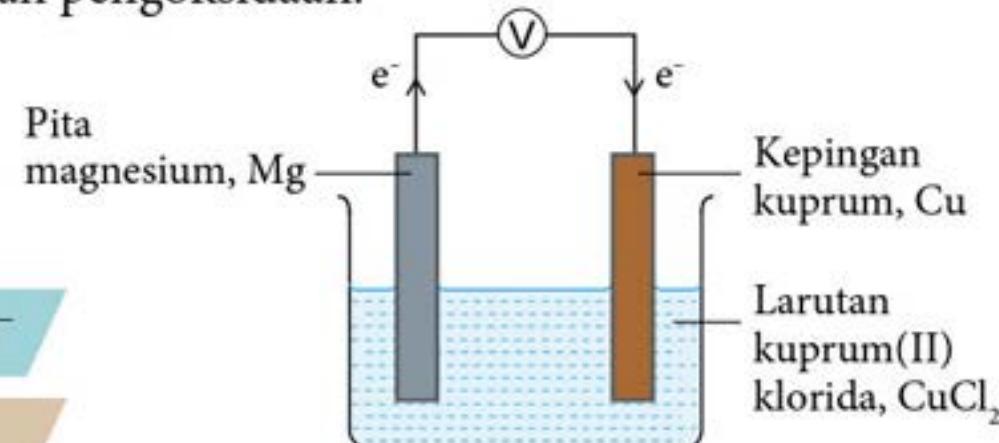
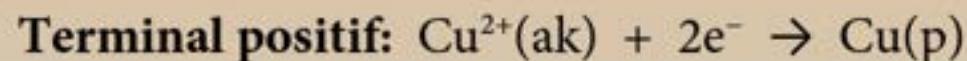
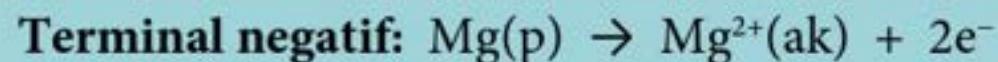
SEL KIMIA

SEL KIMIA RINGKAS

- Dua kepingan logam berlainan jenis yang dicelup ke dalam elektrolit dan disambung dengan wayar penyambung.
- Dikenali juga sebagai sel voltan atau sel galvani.
- Menukar tenaga kimia kepada tenaga elektrik
- Tindak balas redoks yang berlaku dalam sel menyebabkan pengaliran elektron. Beza keupayaan yang dikesan pada voltmeter menunjukkan arus elektrik terhasil



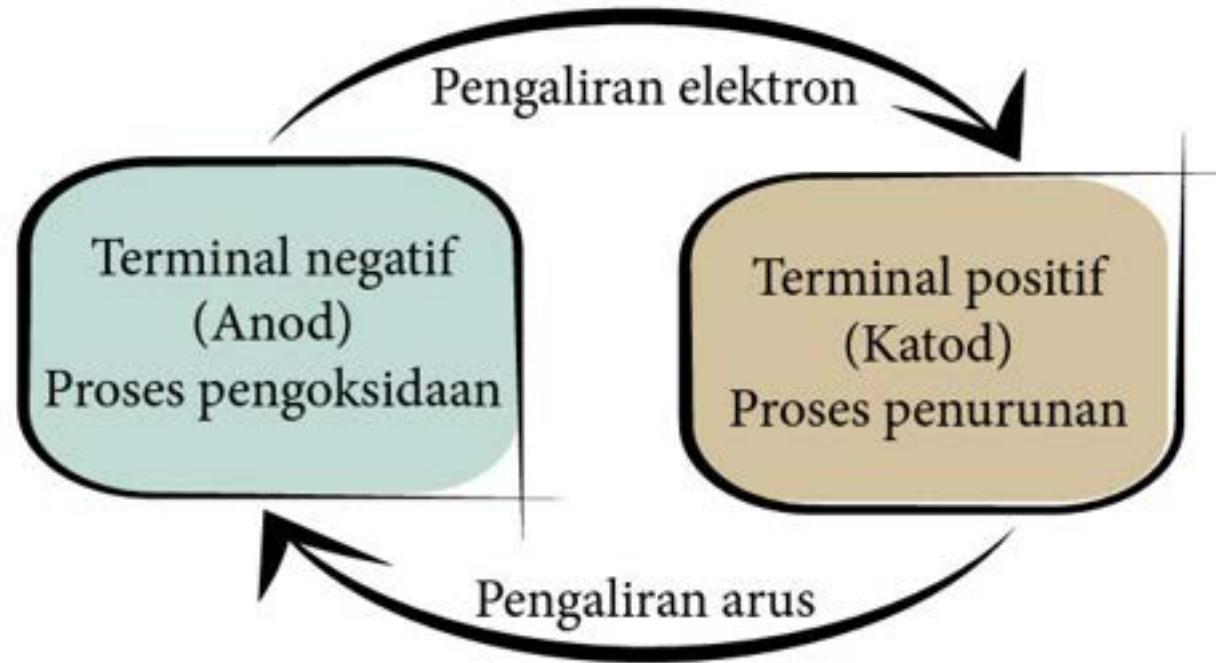
- Rajah 1.17 menunjukkan contoh sel kimia ringkas bagi pasangan logam Mg/Cu.
- Nilai E° magnesium adalah lebih negatif, maka magnesium, Mg menjadi terminal negatif.
- Tindak balas yang berlaku di terminal negatif ialah pengoksidaan.
- Nilai E° kuprum adalah lebih positif, maka kuprum, Cu menjadi terminal positif.
- Tindak balas di terminal positif ialah suatu tindak balas penurunan.



Rajah 1.17 Contoh sel kimia ringkas

TINDAK BALAS REDOKS DALAM SEL KIMIA

- Elektron mengalir dari terminal negatif ke terminal positif, manakala arus mengalir dari terminal positif ke terminal negatif.
- Anod ialah elektrod tempat pengoksidaan berlaku. Dalam sel kimia, terminal negatif juga dikenali sebagai anod.
- Katod ialah elektrod tempat penurunan berlaku. Dalam sel kimia, terminal positif juga dikenali sebagai katod.



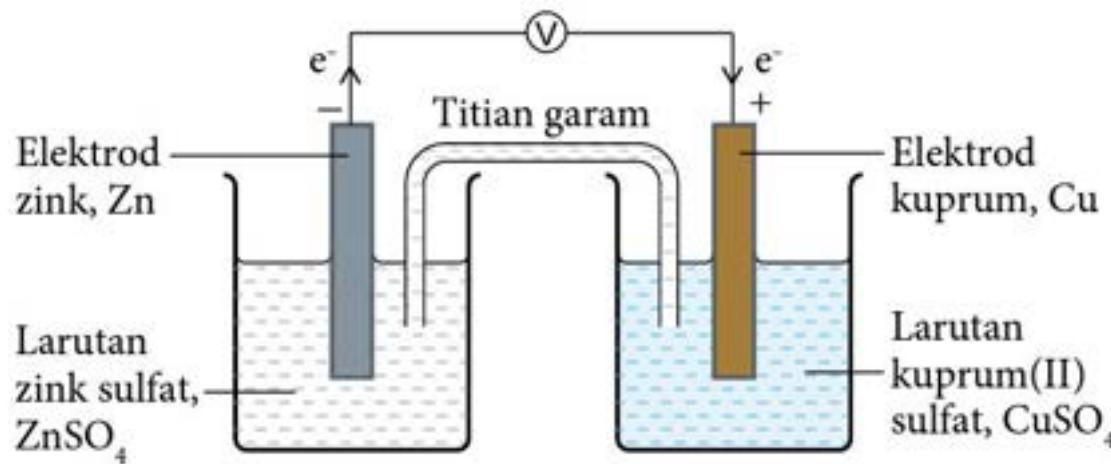
TINDAK BALAS REDOKS DALAM SEL KIMIA

- Sel kimia juga dapat dibina dengan menggabungkan dua sel setengah yang mempunyai nilai E_0 berbeza.
- Sel Daniell ialah contoh sel kimia yang terdiri daripada elektrod logam zink,Zn dan elektrod logam kuprum,Cu yang dicelupkan kedalam larutan garam ion masing-masing.

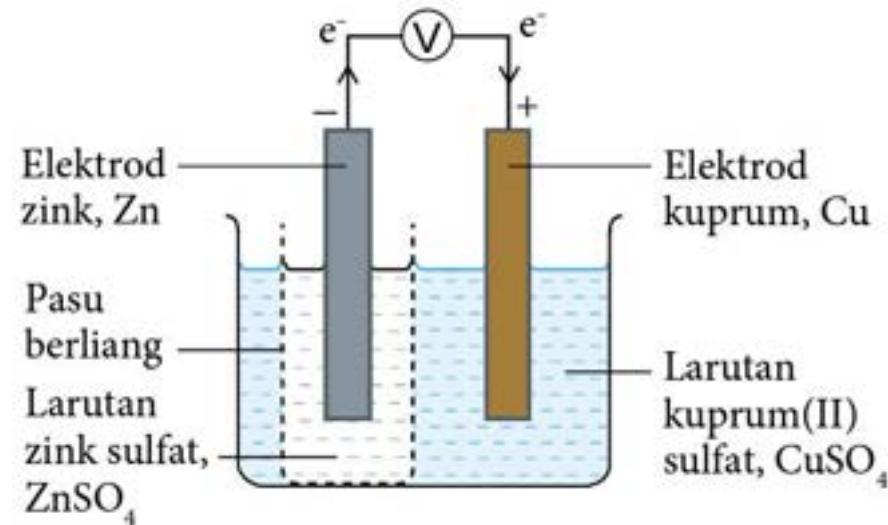
TINDAK BALAS REDOKS DALAM SEL KIMIA

30
Zn
Zinc
65.39

29
Cu
Copper
63.546



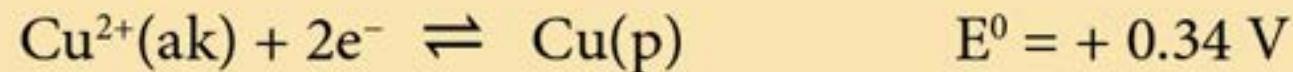
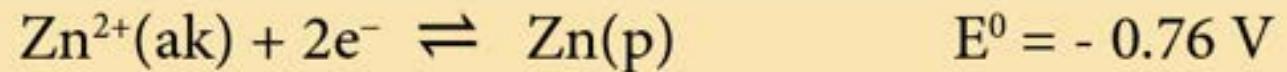
Rajah 1.18(a) Sel Daniell menggunakan titian garam



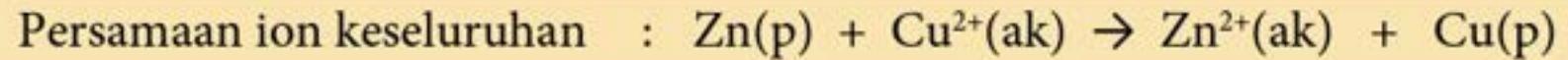
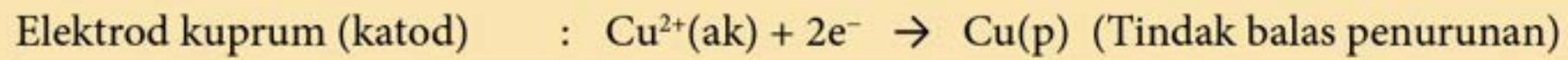
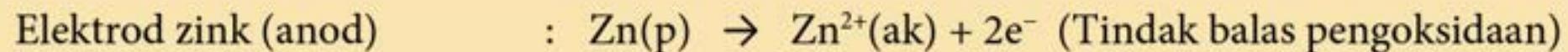
Rajah 1.18(b) Sel Daniell menggunakan pasu berliang

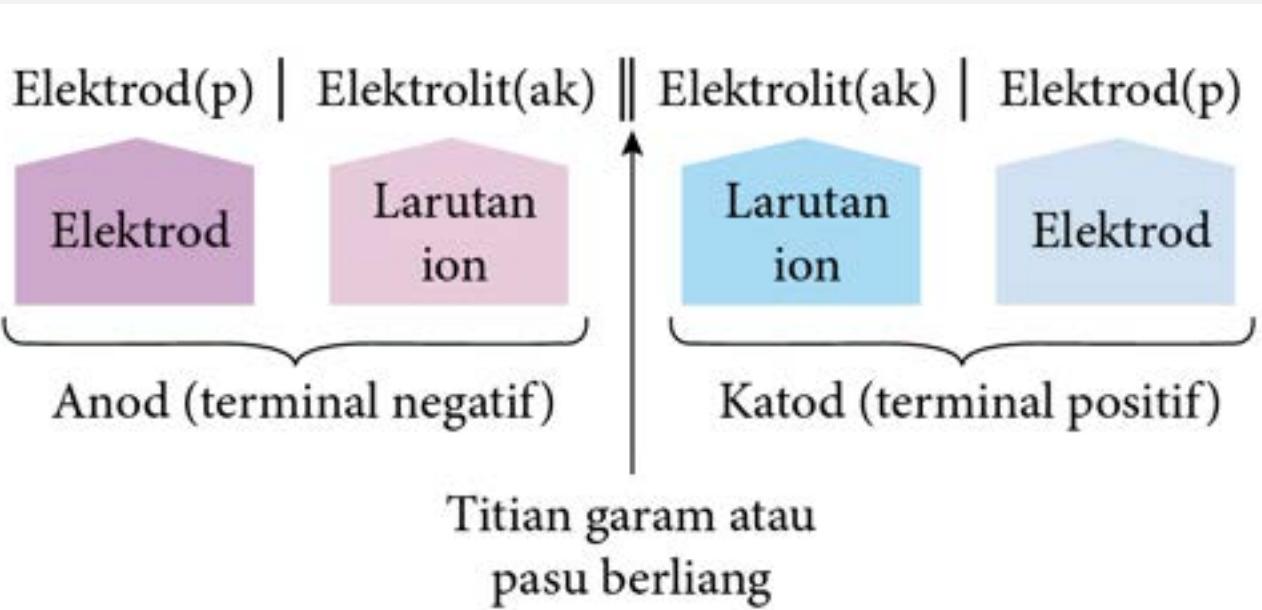
Didapati di dalam sel Daniell,

- E^0 bagi dua sel setengah ialah:



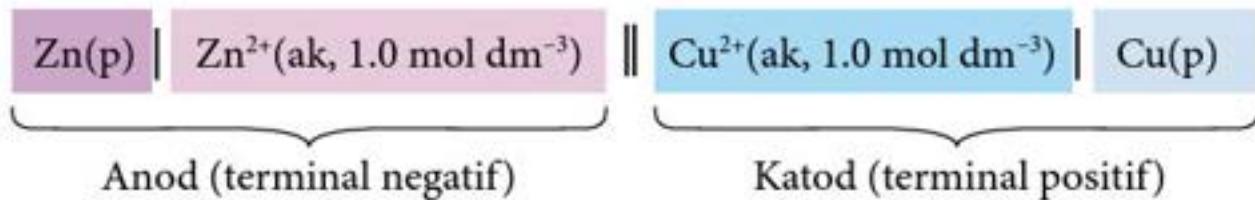
- Zink, Zn dengan nilai E^0 yang lebih negatif ialah terminal negatif (anod). Kuprum, Cu dengan nilai E^0 yang lebih positif ialah terminal positif (katod).





- **Elektron mengalir dari elektrod zink,Zn keelektrod kuprum,Cu melalui wayar penyambung.**
- **Sel kimia boleh ditulis dalam bentuk notasi sel**
- **Anod ditulis disebelah kiri notasi sel dan katod disebelah kanan notasi sel.**

- Notasi sel bagi sel Daniell.



- Bacaan voltan, E_{sel}^0 bagi sel Daniell.

$$E_{\text{sel}}^0 = E_{(\text{katod})}^0 - E_{(\text{anod})}^0$$

$$E_{\text{sel}}^0 = (+0.34) - (-0.76) = +1.10 \text{ V}$$

Voltan sel, E_{sel}^0 dapat ditentukan menggunakan rumus berikut:

$$E_{\text{sel}}^0 = E_{(\text{terminal positif})}^0 - E_{(\text{terminal negatif})}^0$$

$$E_{\text{sel}}^0 = E_{(\text{katod})}^0 - E_{(\text{anod})}^0$$

I.4 SEL ELEKTROLISIS





ELEKTROLIT DAN BUKAN ELEKTROLIT

- **Pada tahun 1834, Michael Faraday ahli sains Inggeris telah mengemukakan Hukum Faraday.**
- **Beliau menamakan bahan kimia yang mengkonduksi arus elektrik sebagai elektrolit dan yang tidak mengkonduksi arus elektrik sebagai bukan elektrolit.**

ELEKTROLIT DAN BUKAN ELEKTROLIT

- Elektrolit ialah bahan yang dapat mengalirkan arus elektrik dalam keadaan lebur atau larutan akueus dan mengalami perubahan kimia.
- Bukan elektrolit ialah bahan yang tidak mengalirkan arus elektrik dalam semua keadaan.

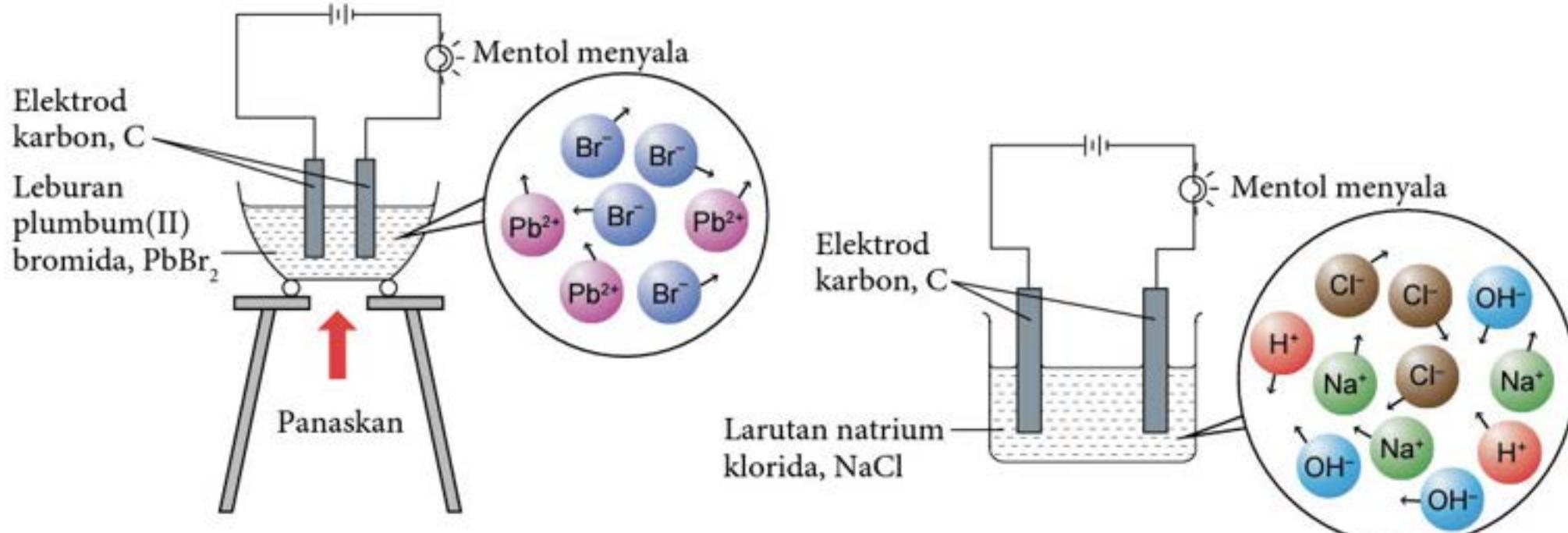




Rajah 1.20 Hubungan kekonduksian elektrik dengan kewujudan ion bebas bergerak

ELEKTROLIT DAN BUKAN ELEKTROLIT

- Plumbum(II) bromida, PbBr_2 dan natrium klorida, NaCl ialah contoh elektrolit dan merupakan sebatian ion manakala asetamida, CH_3CONH_2 dan glukosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ialah contoh bukan elektrolit dan merupakan sebatian kovalen.
- Leburan plumbum(II) bromida, PbBr_2 dan larutan natrium klorida, NaCl boleh mengkonduksi elektrik kerana terdapat ion-ion yang bebas bergerak. Ion-ion ini boleh membawa cas. Rajah 1.21 menunjukkan elektrolit di dalam leburan dan larutan akueus mengandungi ion-ion yang bebas bergerak.
- Asetamida, CH_3CONH_2 dan glukosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ tidak boleh mengkonduksi elektrik dalam keadaan lebur atau larutan akueus kerana wujud sebagai molekul dan tidak terdapat ion-ion yang bebas bergerak. Tidak ada ion-ion yang membawa cas.

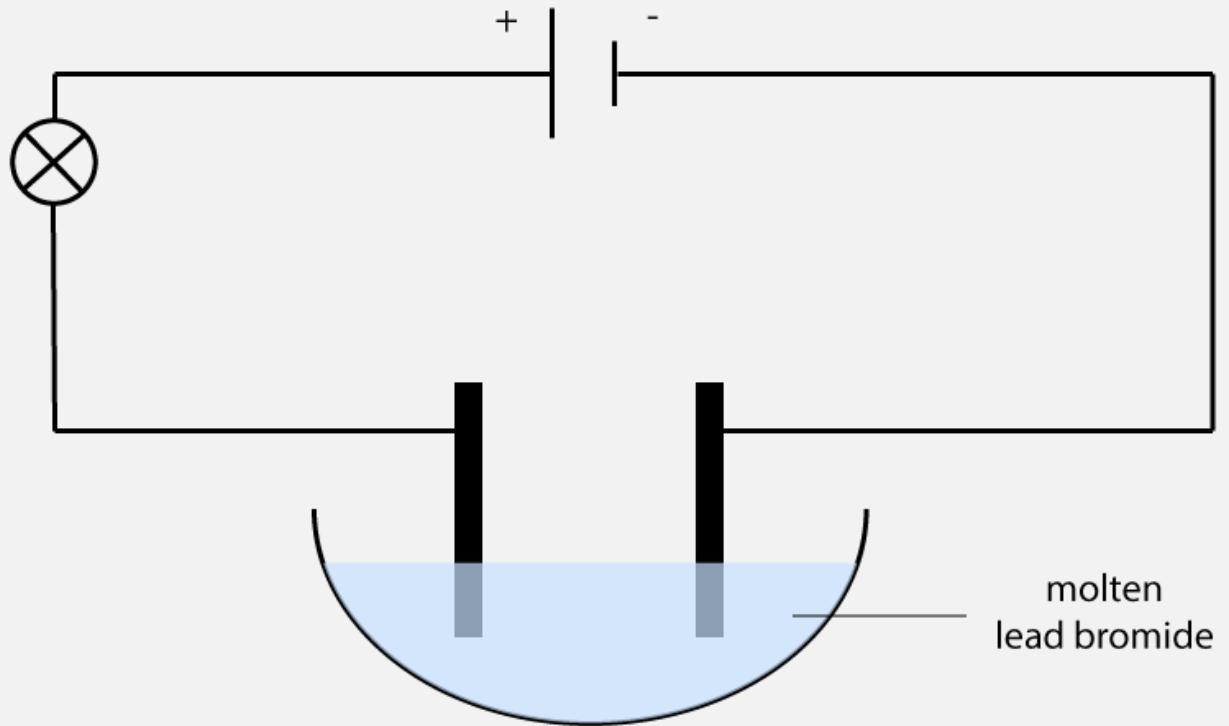


Rajah 1.21 Elektrolit dapat mengalirkan arus elektrik kerana terdapat ion-ion yang bebas bergerak

Jadual 1.8 Perbezaan antara konduktor dan elektrolit

Konduktor	Elektrolit
Bahan yang mengkonduksi elektrik dalam keadaan pepejal atau leburan tetapi tidak mengalami perubahan kimia.	Bahan yang mengkonduksi elektrik dalam keadaan leburan atau larutan akueus dan mengalami perubahan kimia.
Bahan mengalirkan arus elektrik tanpa mengalami penguraian.	Bahan mengalirkan arus elektrik dan mengalami penguraian kepada juzuk unsur-unsurnya.
Dapat mengalirkan arus elektrik kerana terdapat elektron yang bebas bergerak.	Dapat mengalirkan arus elektrik kerana terdapat ion-ion yang bebas bergerak.
Kekonduksian elektrik semakin berkurang apabila suhu semakin meningkat.	Kekonduksian elektrik semakin bertambah apabila suhu semakin meningkat.
Contoh konduktor ialah logam dan grafit.	Contoh elektrolit ialah sebatian ion serta asid dan alkali.

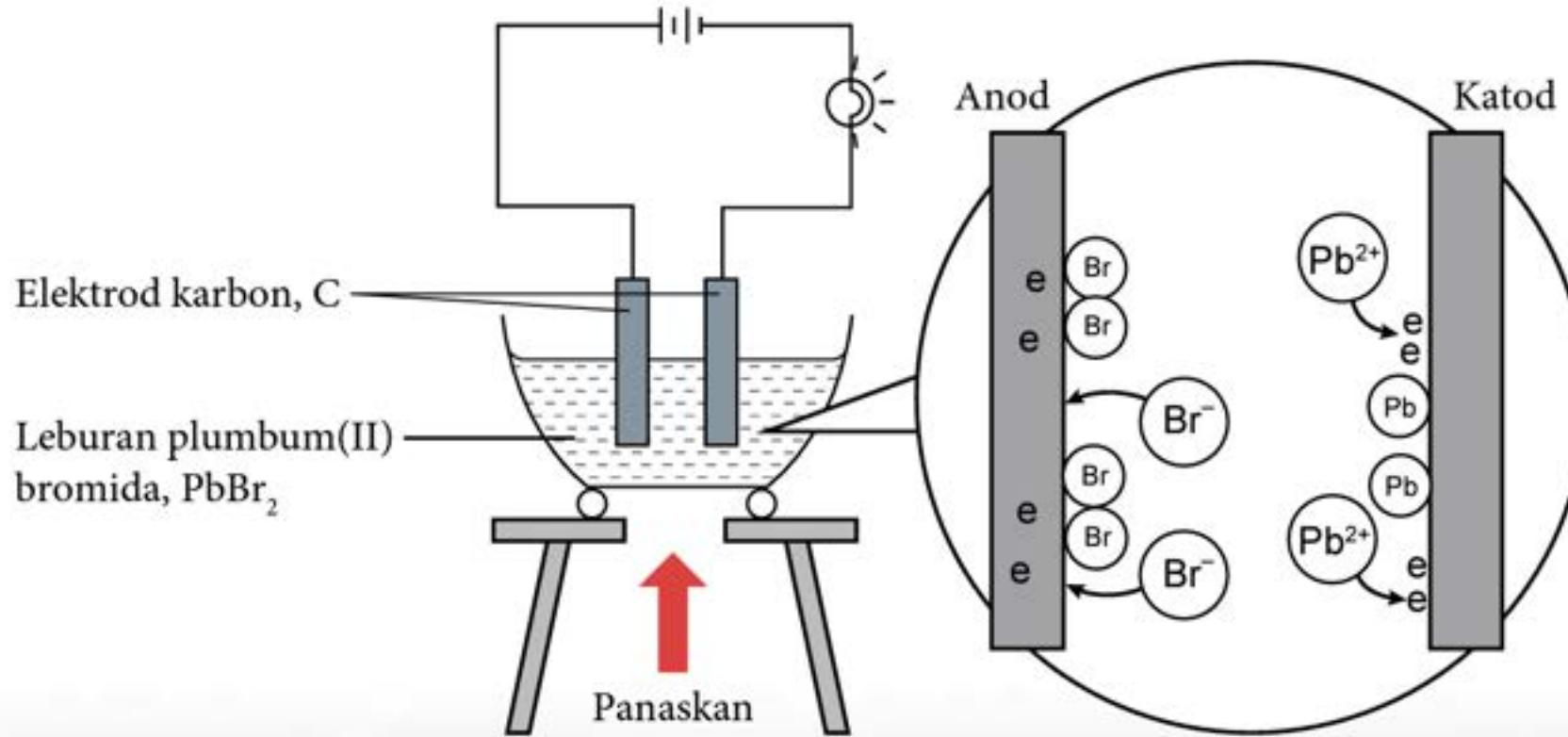
ELEKTROLISIS SEBATIAN LEBUR



- Elektrolisis ialah proses penguraian suatu sebatian dalam keadaan lebur atau larutan akueus kepada unsur juzuknya apabila arus elektrik mengalir melaluinya.
- Apabila arus elektrik dialirkan melalui elektrolit, ion-ion bebas bergerak
- Anion(ion negatif) bergerak ke anod dan kation(ion positif)bergerak ke katod.

ELEKTROLISIS SEBATIAN LEBUR

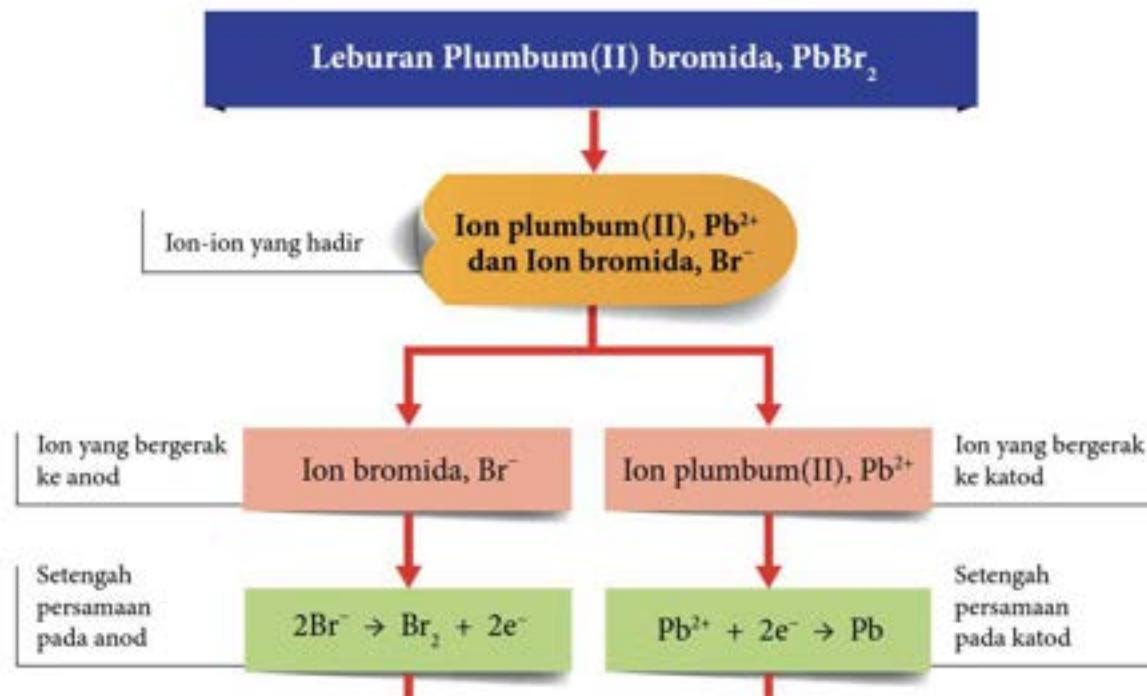
- Semasa elektrolisis, mengapakah mentol hanya menyala apabila plumbum(II) bromida, PbBr_2 , telah lebur? Plumbum(II) bromida, PbBr_2 ialah sebatian ion yang mengandungi ion plumbum(II), Pb^{2+} dan ion bromida, Br^- .
- Pejal plumbum(II) bromida, PbBr_2 tidak boleh mengalirkan arus elektrik kerana ion plumbum(II), Pb^{2+} dan ion bromida, Br^- berada dalam struktur kekisi ion yang tetap dan tidak bebas bergerak.
- Apabila plumbum(II) bromida, PbBr_2 lebur, ion plumbum(II), Pb^{2+} dan ion bromida, Br^- bebas bergerak seperti yang ditunjukkan pada Rajah 1.25.

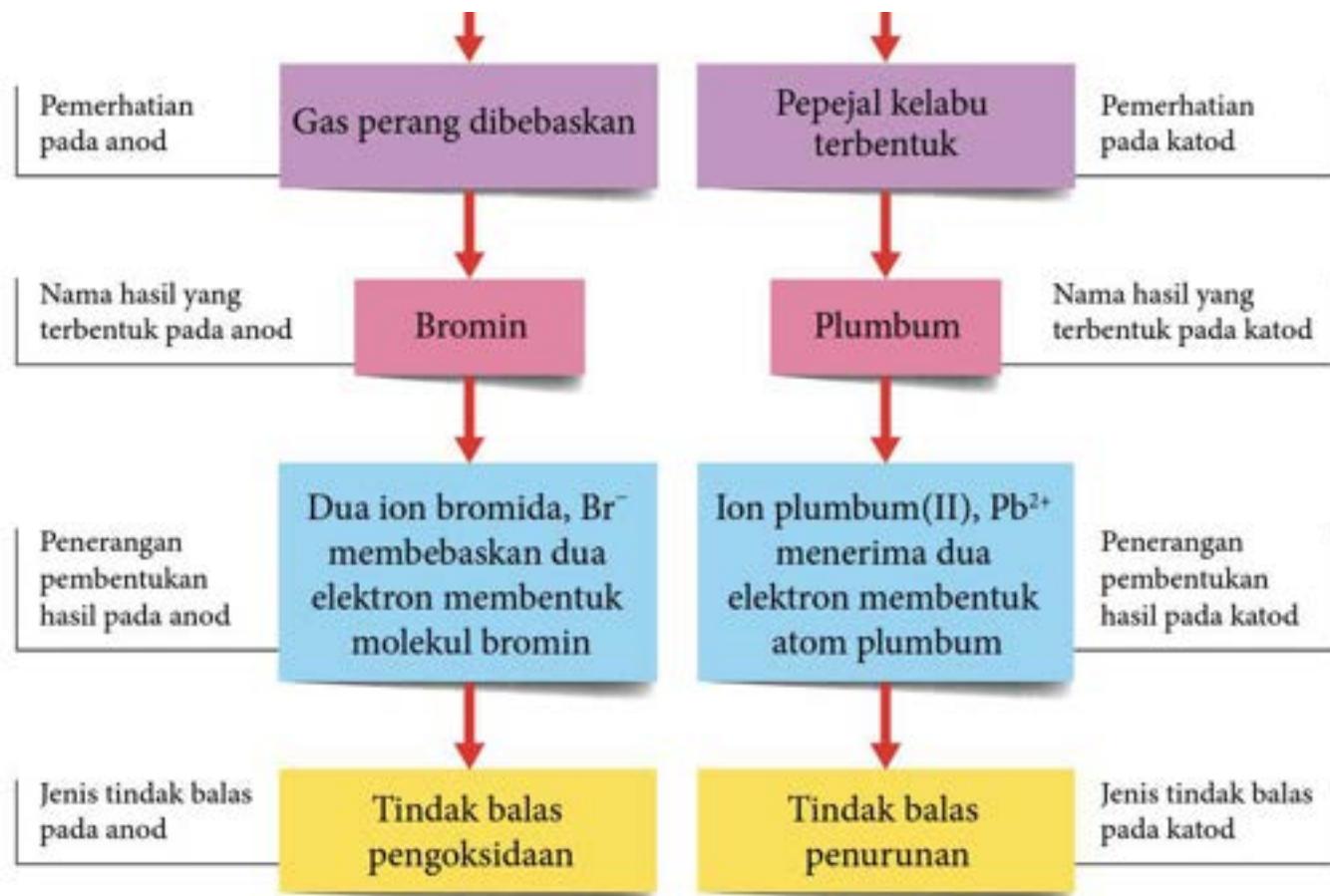


Rajah 1.25 Ion plumbum(II), Pb^{2+} bergerak ke katod dan ion bromida, Br^- bergerak ke anod

Jadual 1.9

Pemerhatian	Inferens
<ul style="list-style-type: none"> Gas perang dibebaskan pada anod Pepejal kelabu terbentuk pada katod 	<ul style="list-style-type: none"> Gas bromin, Br_2 terhasil Logam plumbum, Pb terbentuk





Rajah 1.26 Carta alir elektrolisis plumbum(II) bromida, PbBr_2 lebur



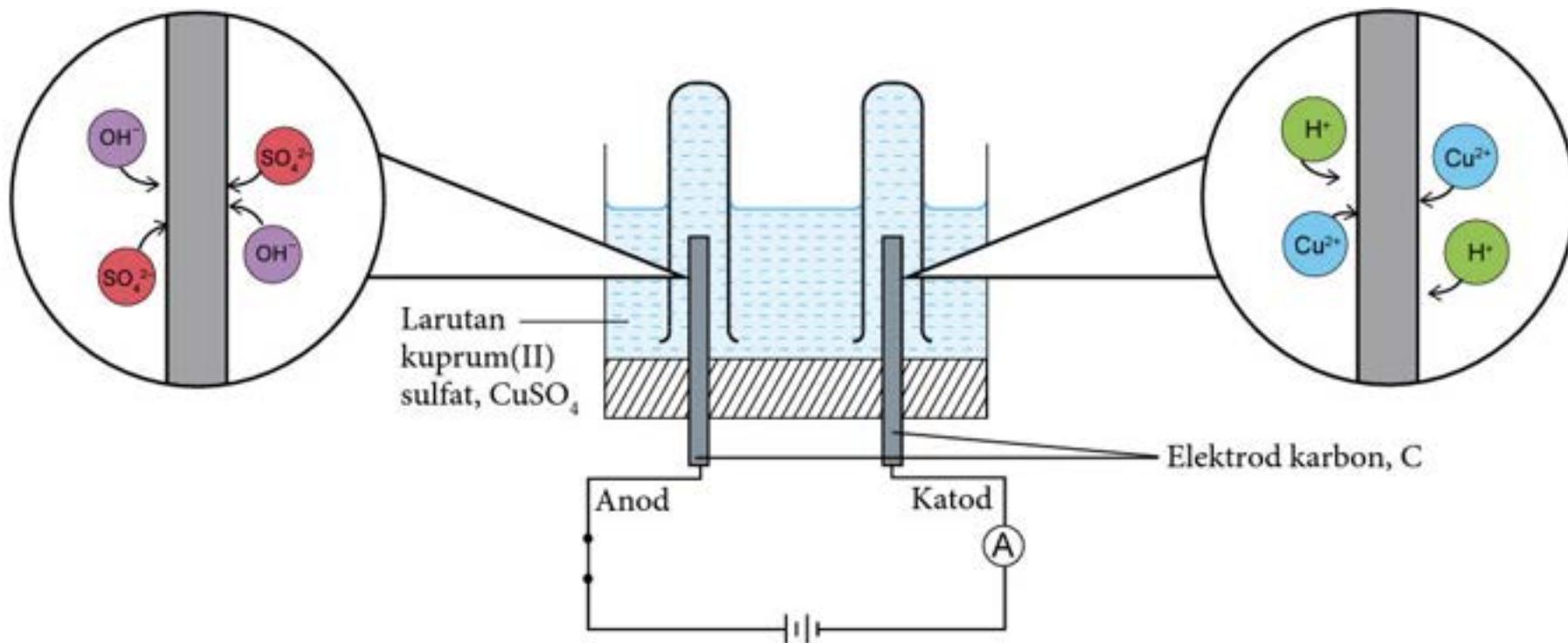
FAKTOR YANG MEMPENGARUHI HASIL ELEKTROLISIS LARUTAN AKUEUS

Elektrolisis juga berlaku apabila arus elektrik dialirkan melalui suatu larutan akueus.

Didalam larutana kueus,selain ion daripada zat terlarut,ion hidrogen, H^+ dan ion hidroksida, OH^- daripada penceraian separa air turut hadir

	Nilai E^0	Kepakatan larutan	Jenis elektrod yang digunakan
Faktor pemilihan ion dinyahcas	Elektrod	Ion yang dipilih untuk dinyahcas	
Nilai E^0	Anod	Anion dengan nilai E^0 yang lebih negatif atau kurang positif dalam siri keupayaan elektrod piawai akan lebih mudah dinyahcas dan dioksidakan.	
	Katod	Kation dengan nilai E^0 yang lebih positif atau kurang negatif dalam siri keupayaan elektrod piawai akan lebih mudah dinyahcas dan diturunkan.	

Kepekatan larutan	Anod	<ul style="list-style-type: none"> (i) Faktor ini hanya dipertimbangkan untuk pemilihan ion pada anod sekiranya larutan akueus mengandungi ion halida. (ii) Ion halida yang mempunyai kepekatan yang lebih tinggi di dalam elektrolit akan dinyahcas pada anod walaupun nilai E° ion halida lebih positif.
	Katod	Kation dengan nilai E° yang lebih positif atau kurang negatif dalam siri keupayaan elektrod piawai akan lebih mudah dinyahcas dan diturunkan.
Jenis elektrod	Anod	<ul style="list-style-type: none"> (i) Faktor ini hanya dipertimbangkan untuk elektrod aktif (contohnya kuprum atau argentum). (ii) Tiada anion yang dinyahcas. (iii) Atom logam pada anod membebaskan elektron bagi membentuk ion logam.
	Katod	Kation dengan nilai E° yang lebih positif atau kurang negatif dalam siri keupayaan elektrod piawai akan lebih mudah dinyahcas dan diturunkan.

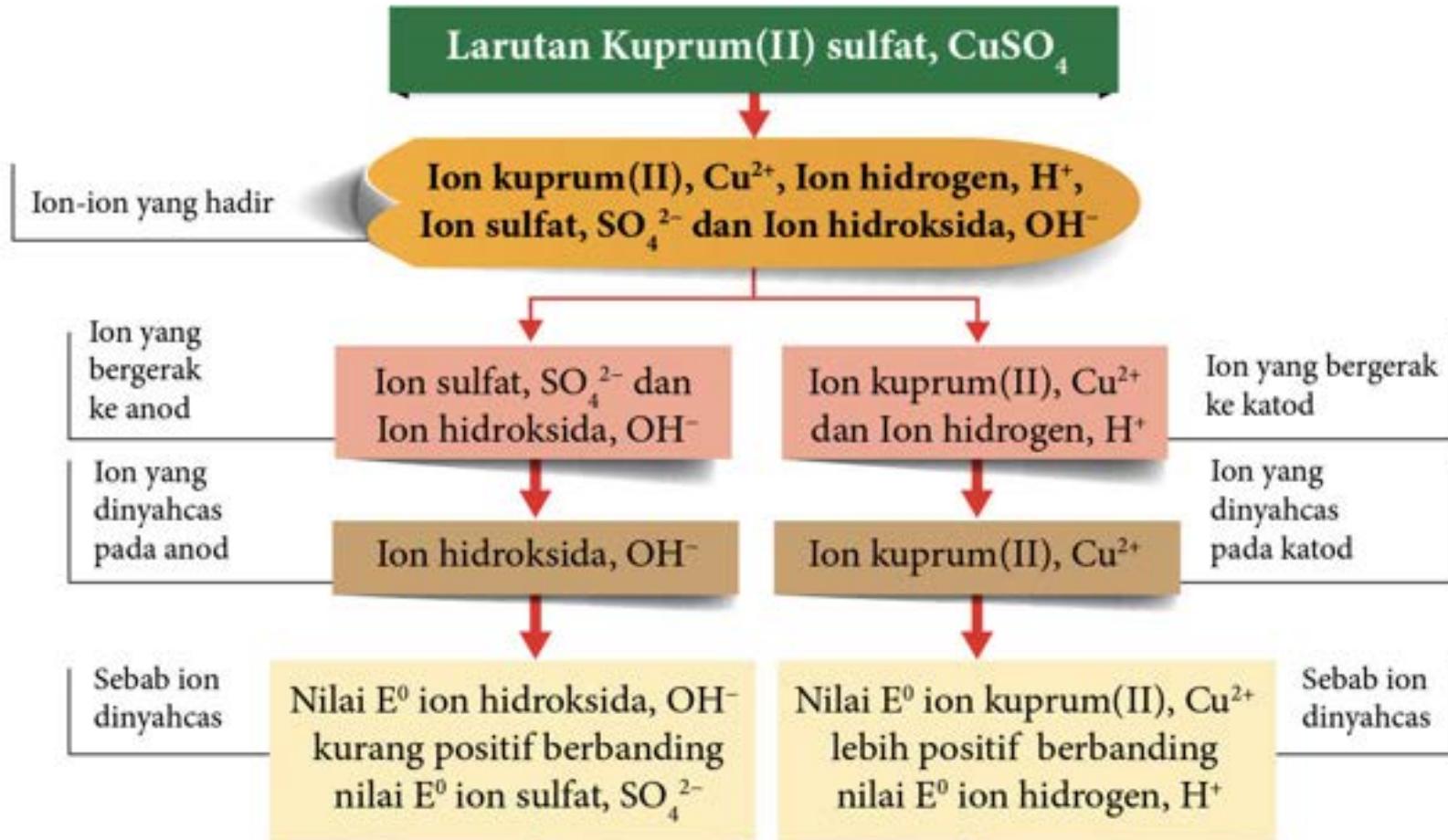


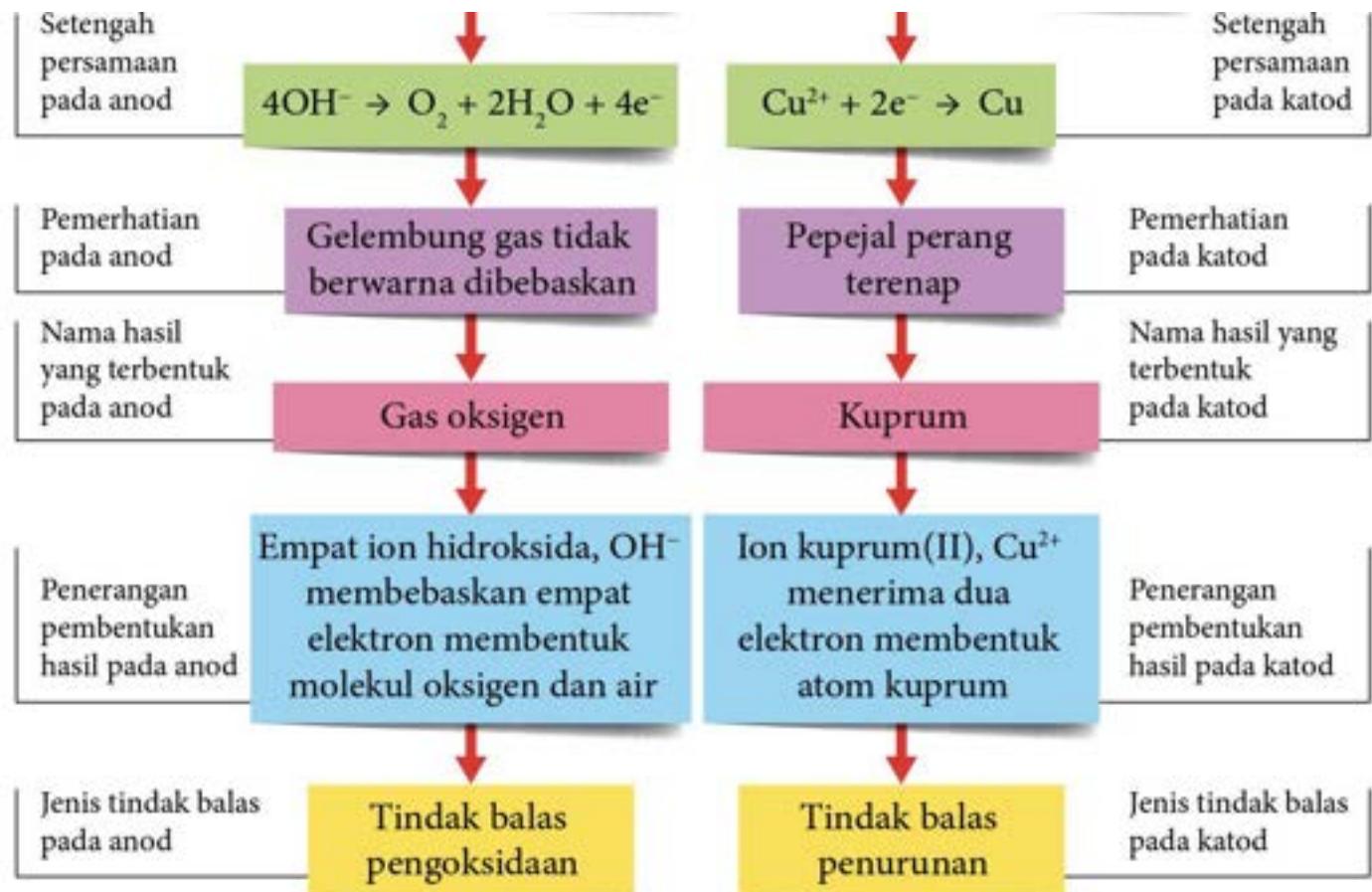
Rajah 1.28 Ion hidroksida, OH^- dan ion sulfat, SO_4^{2-} bergerak ke anod, manakala ion kuprum(II), Cu^{2+} dan ion hidrogen, H^+ bergerak ke katod

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ELEKTROLISIS LARUTAN AKUEUS

Jadual 1.10

Pemerhatian	Inferens												
<ul style="list-style-type: none"> Gelembung gas tidak berwarna dibebaskan pada anod. Pepejal perang terenap pada katod. 	<ul style="list-style-type: none"> Gas oksigen, O_2 terhasil. Logam kuprum, Cu terbentuk. 												
<p>Nilai keupayaan elektrod piawai, E^0 suatu anion dan kation akan menentukan tindak balas yang berlaku di elektrod.</p> <p style="text-align: center;">Anod</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Keupayaan elektrod piawai sel setengah</th> <th>E^0 (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$</td> <td>+0.40</td> </tr> <tr> <td>$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$</td> <td>+2.01</td> </tr> </tbody> </table> <p>• Nilai E^0 bagi ion OH^- kurang positif berbanding dengan E^0 bagi ion SO_4^{2-}. Oleh itu ion OH^- akan dinyahcas dan dioksidakan pada anod.</p>	Keupayaan elektrod piawai sel setengah	E^0 (V)	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	+0.40	$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	+2.01	<p style="text-align: center;">Katod</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Keupayaan elektrod piawai sel setengah</th> <th>E^0 (V)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$</td> <td>+0.34</td> </tr> </tbody> </table> <p>• Nilai E^0 bagi ion Cu^{2+} lebih positif berbanding dengan E^0 bagi ion H^+. Oleh itu ion Cu^{2+} akan dinyahcas dan diturunkan pada katod.</p>	Keupayaan elektrod piawai sel setengah	E^0 (V)	$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.00	$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	+0.34
Keupayaan elektrod piawai sel setengah	E^0 (V)												
$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightleftharpoons 4OH^-$	+0.40												
$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$	+2.01												
Keupayaan elektrod piawai sel setengah	E^0 (V)												
$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.00												
$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	+0.34												

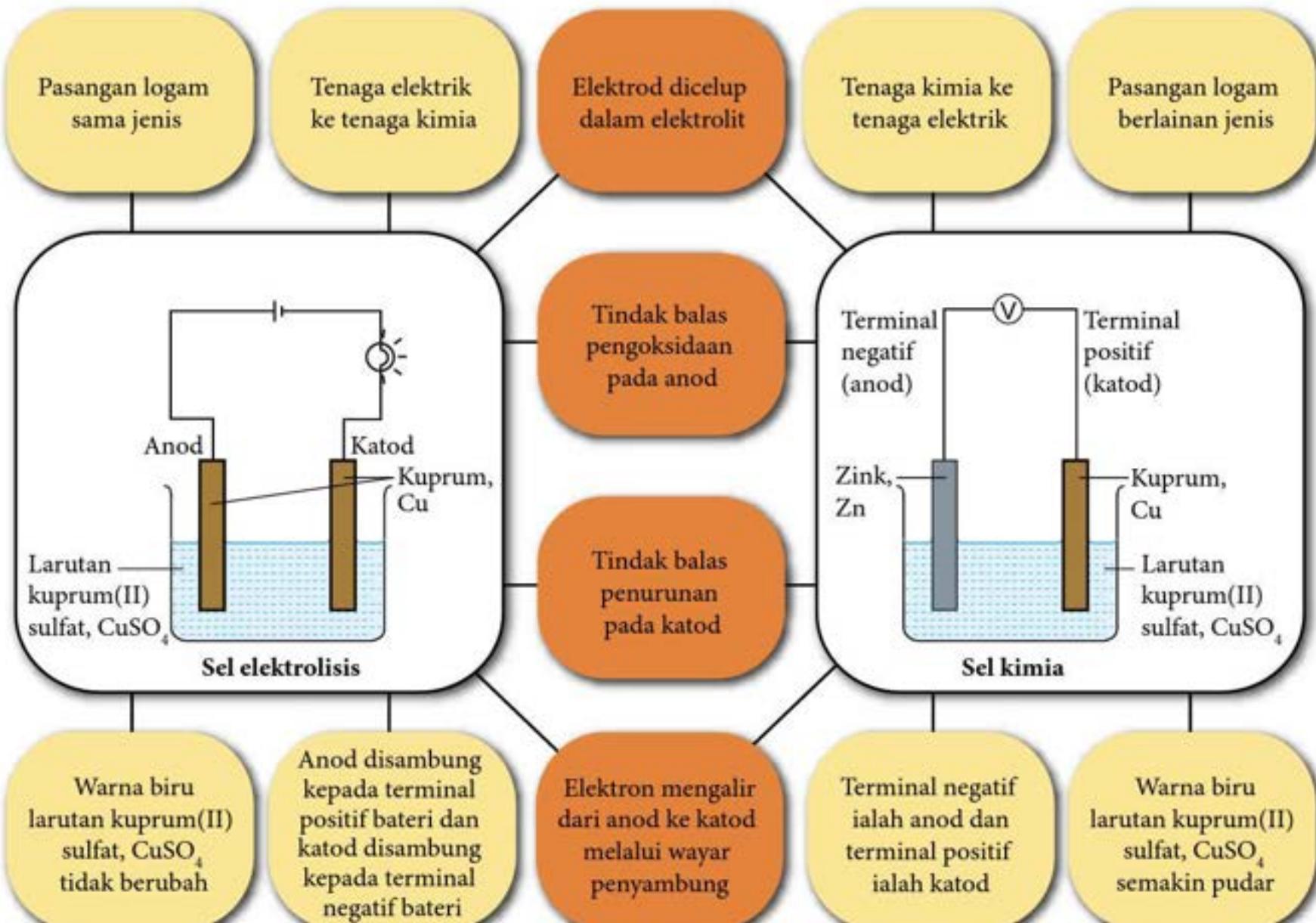




Rajah 1.29 Carta alir elektrolisis larutan kuprum(II) sulfat, CuSO_4

- (i) ion kuprum(II), Cu^{2+} dipilih untuk dinyahcas pada katod kerana nilai E° ion kuprum(II), Cu^{2+} lebih positif berbanding E° ion hidrogen, H^+ .
- (ii) ion hidroksida, OH^- dipilih untuk dinyahcas pada anod kerana nilai E° ion hidroksida, OH^- kurang positif berbanding E° ion sulfat, SO_4^{2-} .

ELEKTROLISIS LARUTAN AKUEUS KUPRUM(II)SULFAT, CUSO_4



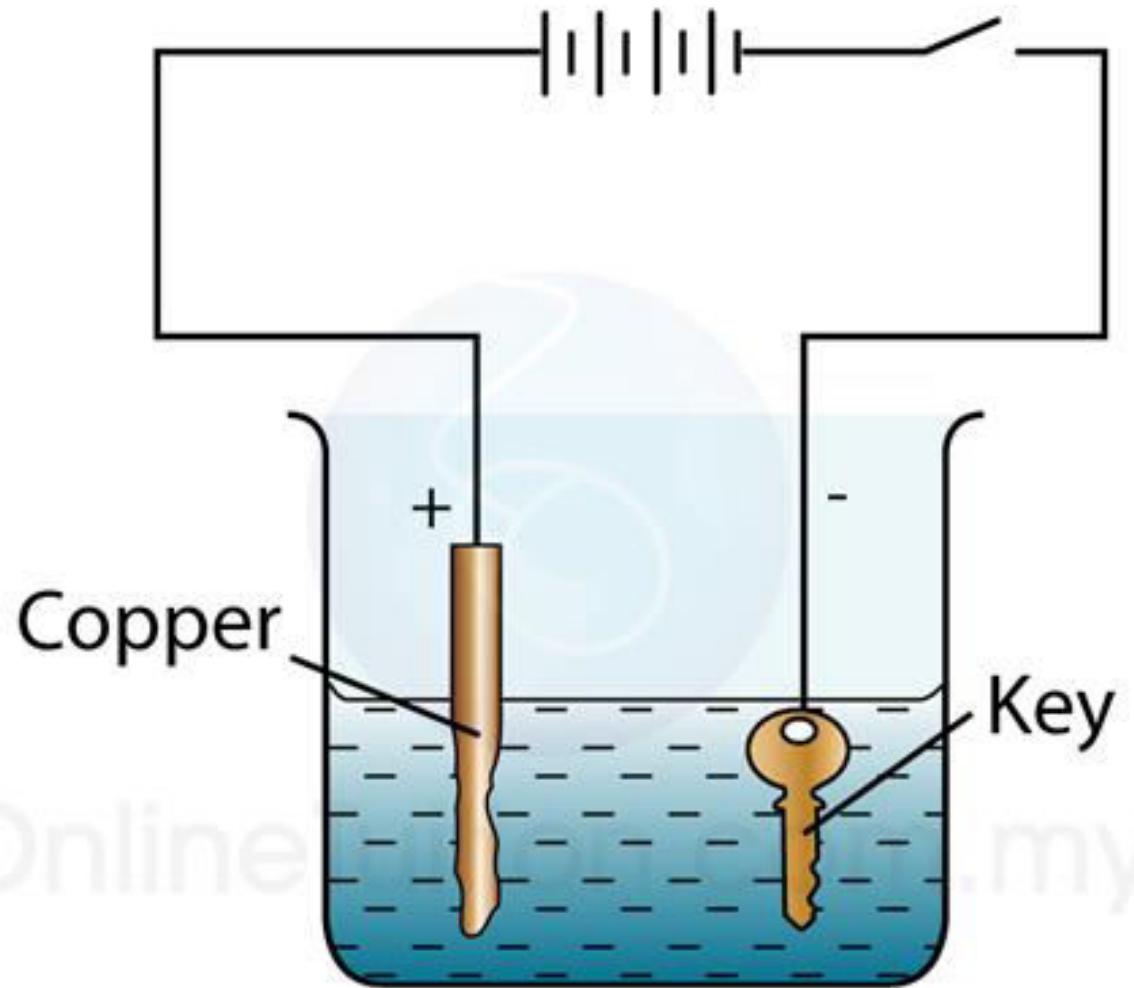
Rajah 1.32 Perbandingan dan perbezaan sel kimia dan sel elektrolisis

PENYADURAN DAN PENULENAN LOGAM

- **Aplikasi utama elektrolisis dalam industri ialah pengekstrakan logam, penyaduran logam dan penulenan logam.**
- **Penulenan logam secara elektrolisis bertujuan untuk mendapatkan logam tulen daripada logam tidak tulen**

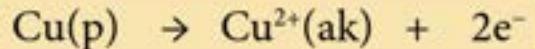


PENYADURAN LOGAM

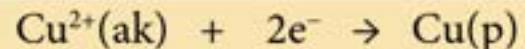


- Penyaduran logam secara elektrolisis dilakukan dengan objek yang hendak disadur dijadikan katod, logam penyadur dijadikan anod dan menggunakan larutan akueus yang mengandungi ion logam penyadur.

- Misalnya, penyaduran cincin besi dengan logam kuprum, Cu. Anod kuprum mengion menjadi ion kuprum(II), Cu^{2+} .



- Ion kuprum(II), Cu^{2+} bergerak ke katod, dinyahcas dan terenap lalu membentuk lapisan nipis kuprum, Cu di atas cincin besi.



- Warna biru larutan kuprum(II) sulfat, CuSO_4 tidak berubah kerana kepekatan ion kuprum(II), Cu^{2+} tidak berubah. Kadar atom kuprum, Cu mengion pada anod adalah sama dengan kadar ion kuprum(II), Cu^{2+} dinyahcas pada katod. Bolehkah anda menerangkan tindak balas redoks yang berlaku dalam penyaduran logam?

PENULENAN LOGAM

- Logam kuprum atau juga dikenali sebagai tembaga ialah mineral dan unsur penting untuk kehidupan sehari-hari kita.
- Logam kuprum ialah logam perindustrian utama kerana sifat-sifa tkemuluran, kebolehtempaan, kekonduksian elektrik dan haba serta tahan terhadap kakisan.



PENULENAN LOGAM

Logam kuprum yang digunakan dalam pendawaian Elektrik mesti 99.99% tulen.

Ketulenan logam kuprum yang diekstrak melalui proses peleburan bijihnya adalah dalam lingkungan 99.5%.

Perbezaan ketulenan kuprum itu walaupun sedikit akan menjasakan kekonduksian elektrik.

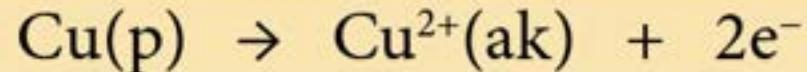
Untuk memastikan bahawa logam kuprum itu tulen, maka penulenan logam melalui proses elektrolisis dilakukan.

PENULENAN LOGAM

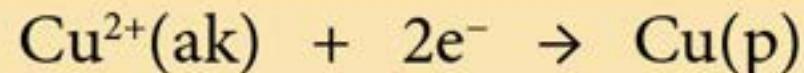
- Penulenan kuprum secara elektrolisis dilakukan dengan kepingan nipis kuprum tulen dijadikan katod,kuprum tidak tulen dijadikan anod dan menggunakan larutan akueus garam kuprum seperti kuprum(II)nitrat, $Cu(NO_3)_2$ sebagai elektrolit.



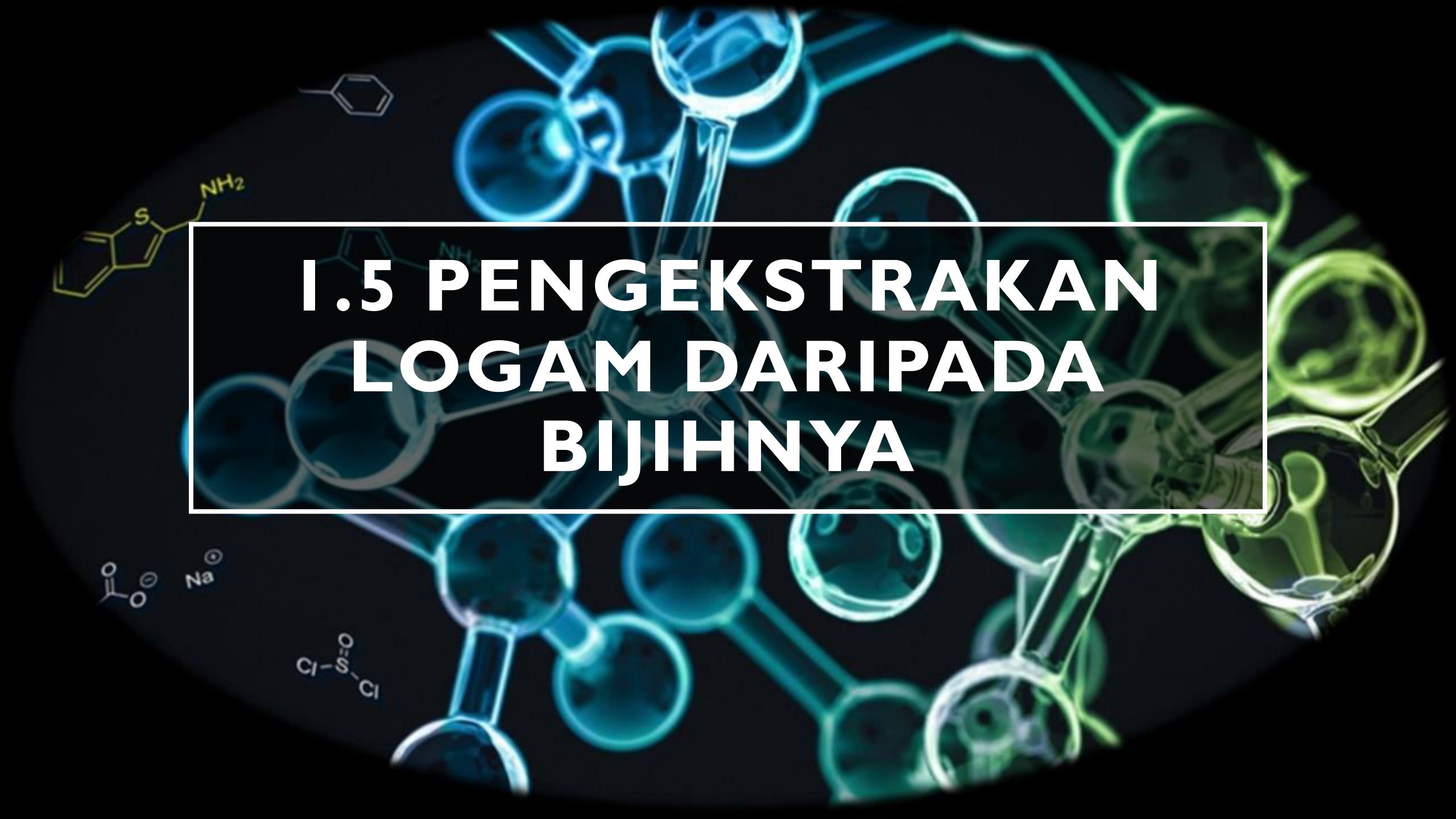
- Anod kuprum tidak tulen mengion membentuk ion kuprum(II), Cu^{2+} . Kuprum larut untuk menjadi ion kuprum(II), Cu^{2+} dan bendasing terhimpun di bawah anod kuprum tidak tulen. Anod semakin nipis.



- Pada katod kuprum tulen, ion kuprum(II), Cu^{2+} dinyahcas membentuk atom kuprum, Cu. Pepejal kuprum dienapkan dan katod kuprum tulen semakin tebal.



I.5 PENGEKSTRAKAN LOGAM DARIPADA BIJIHNYA



PENGEKSTRAKAN LOGAM

- Logam biasanya wujud sebagai sebatian atau bercampur dengan bahan lain seperti batu dan tanah.
- Sebatian yang mengandungi logam juga dikenali sebagai bijih atau mineral dan wujud sebagai logam oksida,logam sulfida atau logam karbonat.





PENGEKSTRAKAN LOGAM

- Logam tidak reaktif seperti emas dan perak tidak perlu diekstrak kerana wujud sebagai logam unsur.
- Logam reaktif seperti ferum dan aluminium memerlukan cara yang tertentu bagi pengekstrakan logam daripada bijih masing-masing.
- Cara pengektrakan logam reaktif adalah berdasarkan kedudukan logam dalam siri kereaktifan logam
- Dua cara yang biasa digunakan untuk mengekstrak logam daripada bijih masing-masing

Elektrolisis

Bagi logam yang lebih reaktif daripada karbon

**Penurunan
oleh karbon**

Bagi logam yang kurang reaktif daripada karbon



Emas



Bijih besi (Hematit)

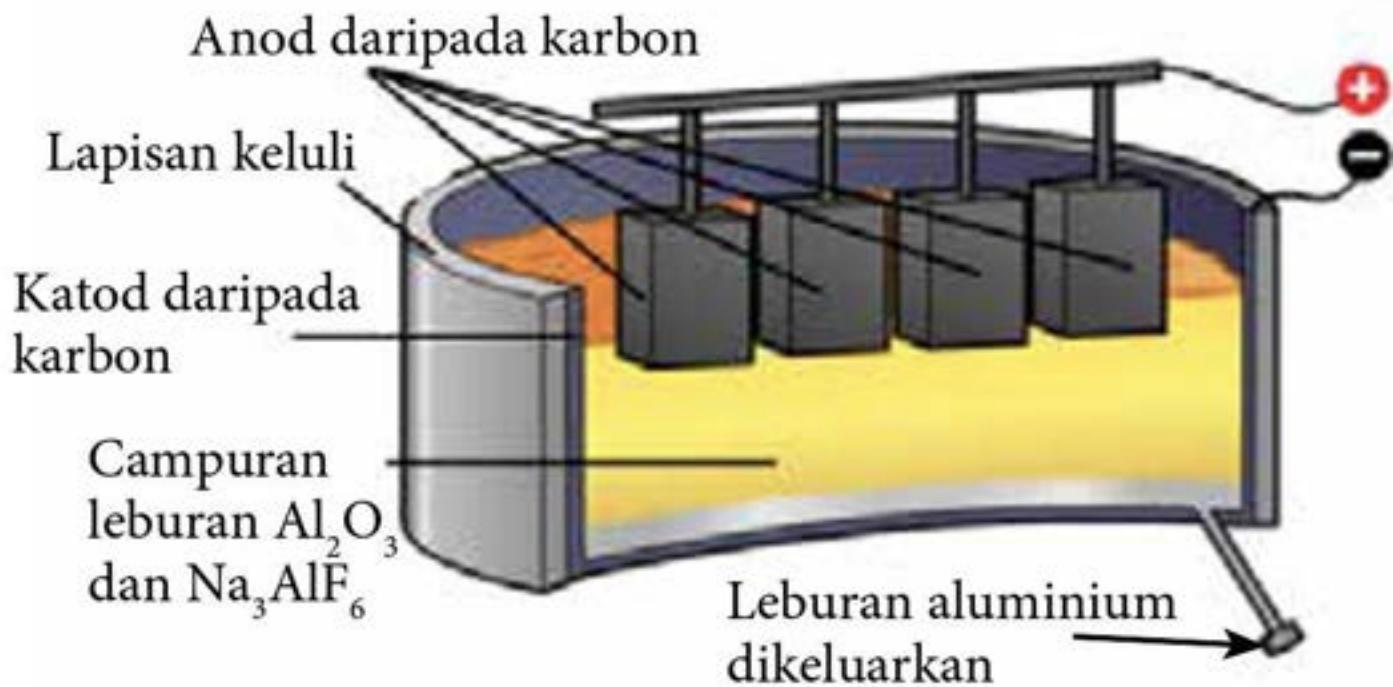


Bijih aluminium (Bauksit)

Rajah 1.36 Logam dan bijih yang ditemui secara semula jadi

PENGEKSTRAKAN LOGAM DARIPADA BIJIHNYA MELALUI PROSES ELEKTROLISIS

- Logam reaktif seperti aluminium, Al dapat diekstrak daripada bijihnya dengan menggunakan kaedah elektrolisis.
- Dalam pengekstrakan aluminium, Al, bijih aluminium atau bauksit ditulenkkan terlebih dahulu untuk mendapatkan aluminium oksida, Al_2O_3 , yang akan dileburkan bagi membolehkan elektrolisis leburan dijalankan.
- Takat lebur aluminium oksida, Al_2O_3 , yang mencecah $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ menjadikan proses peleburan menggunakan tenaga yang sangat tinggi. Bagi mengatasi masalah ini, kriolit, Na_3AlF_6 dilebur bersama aluminium oksida, Al_2O_3 , bagi merendahkan suhu peleburan.
- Mari kita teliti Rajah 1.37 untuk memahami proses pengekstrakan aluminium, Al menggunakan elektrolisis.



Rajah 1.37 Proses pengekstrakan aluminium daripada aluminium oksida, Al_2O_3 , menggunakan elektrolisis

Elektrod	Anod	Katod
Tindak balas yang terlibat	Ion oksida, O^{2-} mendermakan elektron dan mengalami tindak balas pengoksidaan untuk membentuk molekul oksigen, O_2 .	Ion aluminium, Al^{3+} diturunkan kepada atom aluminium, Al dengan menerima elektron dan membentuk leburan aluminium.
Setengah persamaan	$2O^{2-}(ce) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$	$Al^{3+}(ce) + 3e^- \rightarrow Al(ce)$

PENGEKSTRAKAN LOGAM DARIPADA BIJHNYA MELALUI PROSES ELEKTROLISIS

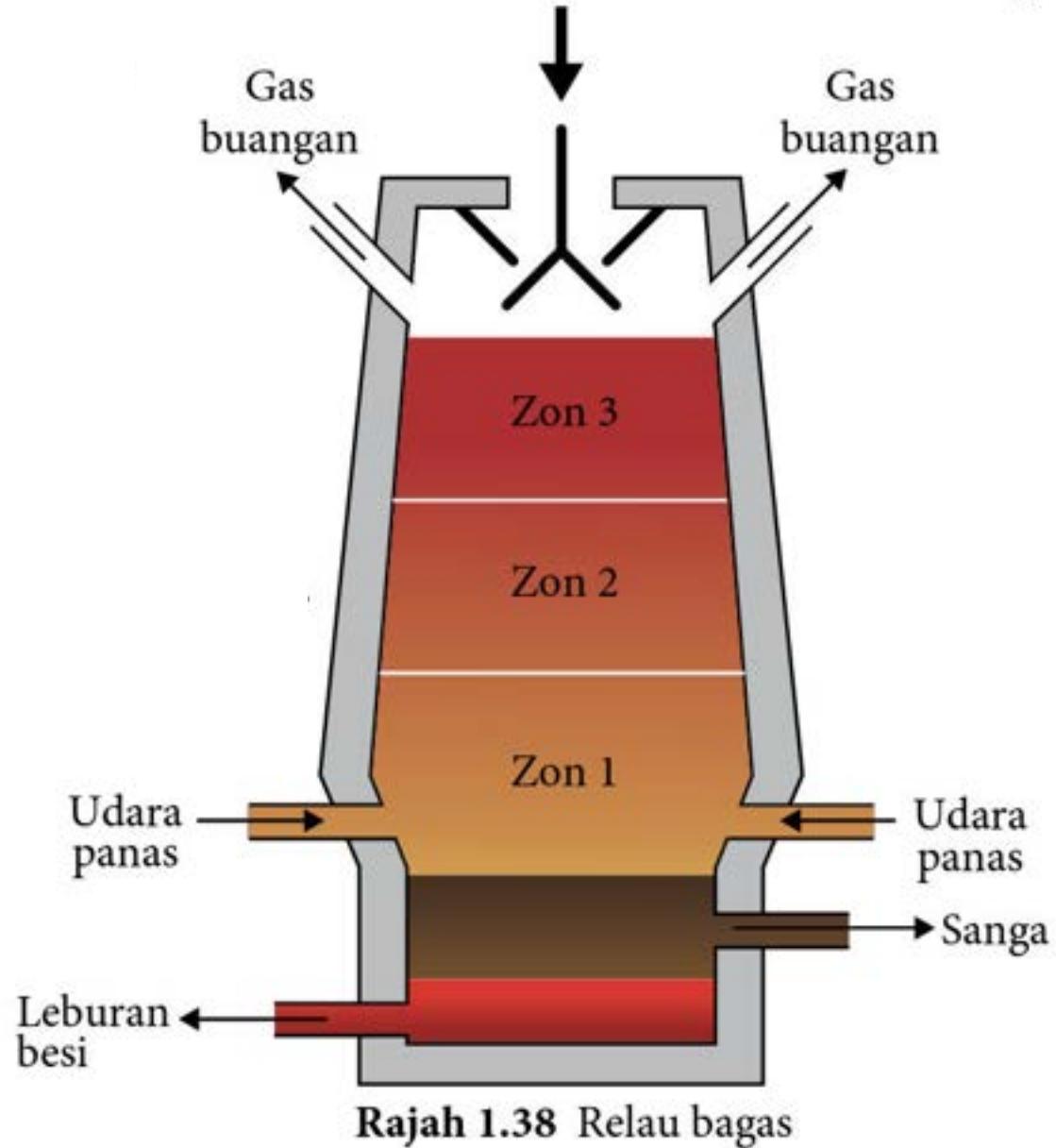
- Leburan aluminium akan tenggelam di lapisan bawah kerana lebih tumpat dan dialirkan keluar melalui satu saluran khas.
- Keseluruhan proses pengekstrakan aluminium menggunakan tenaga elektrik yang sangat tinggi. Gas karbon dioksida, CO_2 , turut dihasilkan semasa proses elektrolisis leburan aluminium oksida, Al_2O_3 , yang dapat memberikan kesan negatif kepada alam sekitar.

PENGEKSTRAKAN LOGAM DARIPADA BIJIHNYA MELALUI PROSES PENURUNAN OLEH KARBON

- **Logam besi yang kurang reaktif berbanding dengan Bijih besi, arang kok dan kalsium karbonat, CaCO_3 karbon dapat diekstrak melalui proses penurunan oleh karbon.**
- **Proses ini dijalankan didalam relau bagas dengan memanaskan bijih besi atau hematit(Fe_2O_3) bersama dengan arang kok,C dan batu kapur, CaCO_3 .**



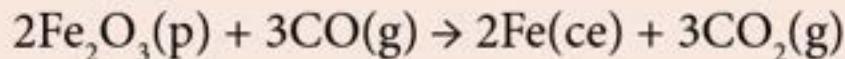
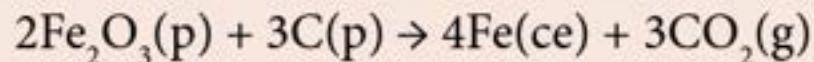
Bijih besi, arang kok dan kalsium karbonat, CaCO_3



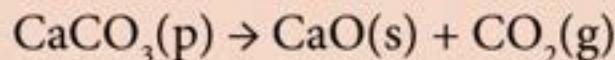
Tindak balas	Penerangan
<p>Zon 1 Arang kok, C bertindak balas dengan oksigen, O₂ daripada udara panas untuk menghasilkan karbon dioksida, CO₂.</p> $C(p) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$	<p>Tindak balas ini ialah tindak balas redoks dan merupakan tindak balas eksotermik yang menjadikan suhu relau bagas mencecah 1600 °C.</p>
<p>Zon 2 Karbon dioksida, CO₂ yang terhasil bertindak balas dengan arang kok yang masih berbaki.</p> $C(p) + CO_2(g) \rightarrow 2CO(g)$	<p>Karbon monoksida, CO merupakan agen penurunan untuk tindak balas berikutnya.</p> <p>Tindak balas ini merupakan tindak balas endotermik dan menurunkan suhu pada Zon 2.</p>

Zon 3

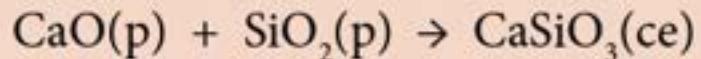
Arang kok, C dan karbon monoksida, CO berfungsi sebagai agen penurunan dan menurunkan ferum(III) oksida, Fe_2O_3 atau bijih besi kepada leburan besi.



Pada suhu yang tinggi, kalsium karbonat, CaCO_3 terurai untuk membentuk kalsium oksida, CaO (kapur tohor) dan karbon dioksida, CO_2 .



Bendasing dalam bijih besi seperti silikon(IV) oksida, SiO_2 bertindak balas dengan kalsium oksida, CaO untuk membentuk sanga atau kalsium silikat, CaSiO_3 .



Ferum(III) oksida, Fe_2O_3 diturunkan oleh karbon monoksida, CO. Enapan besi terbentuk di dasar relau bagas.

Kalsium oksida, CaO bersifat basa dan dapat meneutralkan silikon(IV) oksida, SiO_2 yang bersifat asid.

Tindak balas ini penting untuk mengasingkan bendasing daripada leburan besi. Perbezaan ketumpatan menyebabkan sanga berada di lapisan atas leburan besi dan memudahkan proses pengasingan.

PENGEKSTRAKAN MENGGUNAKAN LOGAM YANG LEBIH REAKTIF

Logam yang lebih reaktif mampu untuk mengekstrak logam yang kurang reaktif daripada logam oksidanya apabila dipanaskan bersama-sama

Tindak balas ini membebaskan haba yang tinggi sehingga mampu menghasilkan logam dalam bentuk leburan



PENGEKSTRAKAN MENGGUNAKAN LOGAM YANG LEBIH REAKTIF

- Sebagai contohnya dalam tindak balas termit, serbuk aluminium, Al dipanaskan bersama-sama dengan serbuk ferum(III) oksida, Fe_2O_3 .
- Aluminium, Al yang lebih reaktif menurunkan ferum(III)oksida, Fe_2O_3 untuk menghasilkan leburan besi.
- Tindak balas ini sangat berguna untuk menghasilkan leburan besi dalam kuantiti yang kecil bagi mengimpal landasan kereta api.



- Persamaan tindak balas termit ini adalah seperti yang berikut:



- Beberapa logam seperti kromium, Cr dan titanium, Ti turut dapat diekstrak daripada oksida logam masing-masing menggunakan penurunan oleh logam yang lebih reaktif.
- Kaedah pengekstrakan logam adalah berbeza bergantung kepada kereaktifan logam yang hendak diekstrak. Rajah 1.39 menunjukkan siri kereaktifan logam dapat membantu kita dalam menentukan cara terbaik untuk mengekstrak logam daripada bijihnya.

PENGEKSTRAKAN MENGGUNAKAN LOGAM YANG LEBIH REAKTIF

K	Logam sangat reaktif.
Na	Cara terbaik untuk mengekstrak logam daripada bijihnya adalah secara elektrolisis.
Mg	
Al	
C	
Zn	Logam sederhana reaktif.
Fe	Cara terbaik untuk mengekstrak logam daripada bijihnya adalah penurunan oleh karbon.
Sn	
Pb	
Cu	Logam kurang reaktif.
Hg	Logam diekstrak daripada bijih secara pemanasan langsung di udara.
Ag	
Au	Logam tidak reaktif. Wujud dalam bentuk unsur.

Rajah 1.39 Siri kereaktifan logam

I.6 PENGARATAN

PENGARATAN

- **Pengaratan besi** ialah proses kimia yang berlaku apabila besi yang terdedah kepada oksigen dan air mengalami tindak balas redoks.

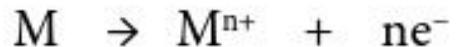




PENGARATAN

- **Pengaratan besi ialah kakisan logam yang berlaku pada besi**
- **Apabila logam besi mengalami pengaratan, lapisan oksida besi yang berwarna perang terbentuk pada permukaan besi; bersifat mudah retak dan telap.**
- **Oleh itu pengaratan berlaku secara berterusan dan merosakkan struktur besi.**
- **Selain pengaratan besi,kakisan juga dapat berlaku pada logam lain.**
- **Sebagai contohnya pada barang yang dibuat daripada perak(argentum)dan gangsa yang merupakan aloi kuprum.**

Kakisan logam ialah tindak balas redoks, iaitu logam dioksidakan secara spontan apabila atom logam membebaskan elektron membentuk ion logam.



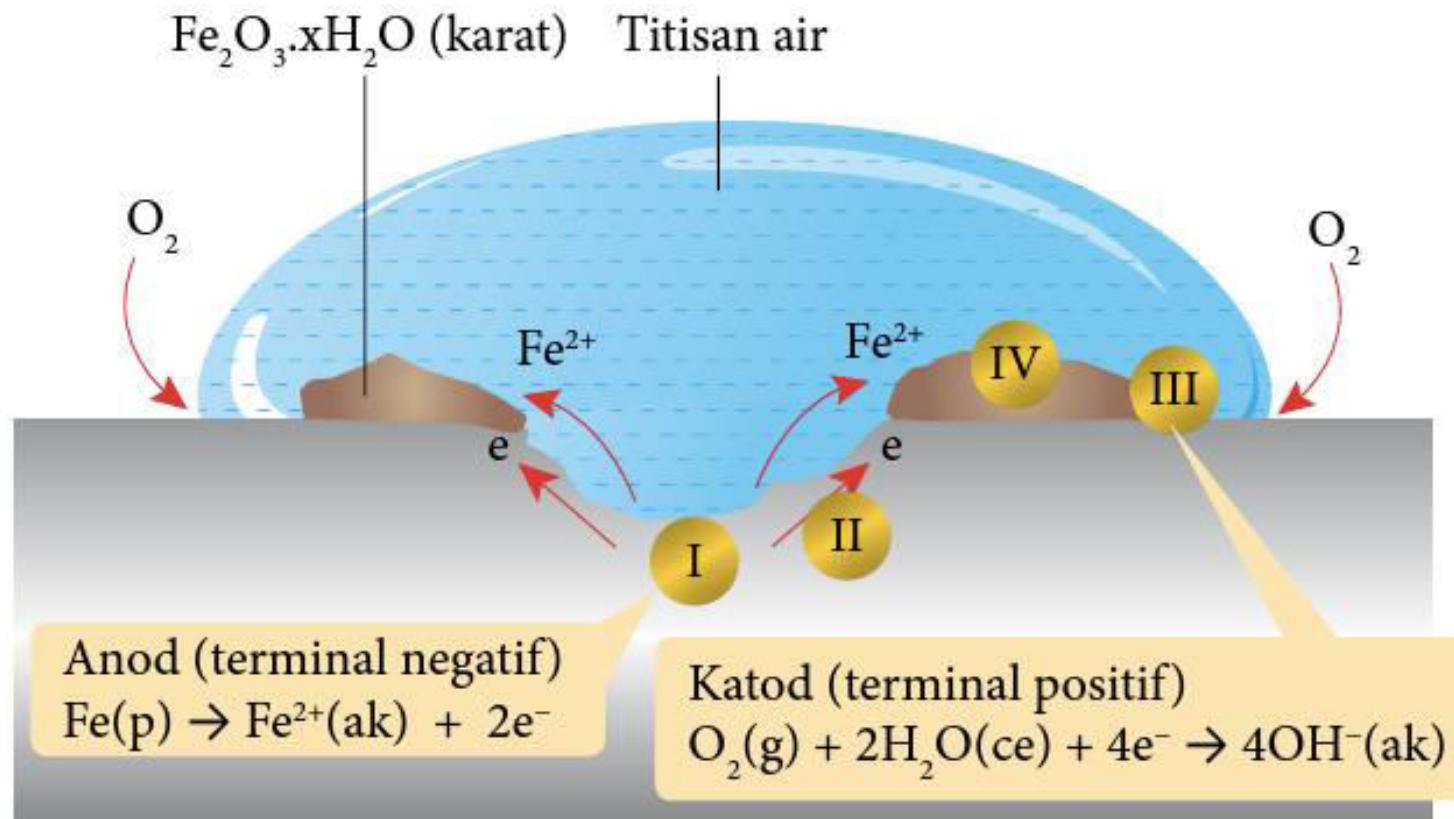
- Secara umumnya, semakin elektropositif suatu logam, semakin mudah logam terkakis. Sebagai contohnya, kakisan logam besi lebih cepat daripada logam kuprum.



PENGARATAN BESI SEBAGAI TINDAK BALAS REDOKS

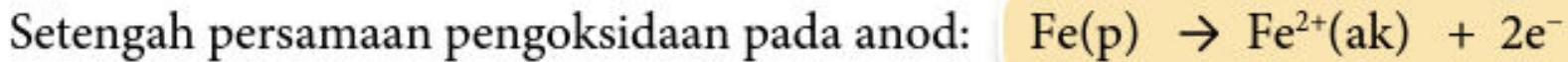
Pengaratan besi berlaku apabila besi terkakis akibat kehadiran air dan oksigen.

Pengaratan besi ialah tindak balas redoks apabila oksigen bertindak O_2 sebagai agen pengoksidaan, sementara besi bertindak sebagai agen penurunan.

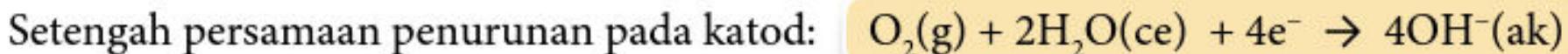


Rajah 1.41 Mekanisme pengaratan besi

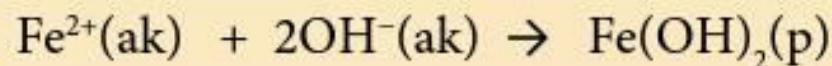
- I. Permukaan besi di bahagian tengah titisan air berkepekatan oksigen yang lebih rendah menjadi anod (terminal negatif). Atom ferum, Fe melepaskan elektron dan mengalami pengoksidaan untuk membentuk ion ferum(II), Fe^{2+}



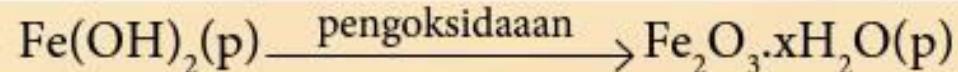
- II. Elektron mengalir melalui besi kepada hujung titisan air, iaitu kepekatan oksigen di situ adalah lebih tinggi. Permukaan besi di bahagian ini menjadi katod (terminal positif), apabila penurunan berlaku.
- III. Oksigen, O_2 yang larut di dalam air menerima elektron dan mengalami penurunan untuk membentuk ion hidroksida, OH^- .



IV. Ion ferum(II), Fe^{2+} yang dihasilkan bertindak balas dengan ion hidroksida, OH^- untuk membentuk ferum(II) hidroksida, Fe(OH)_2 .



Ion ferum(II), Fe^{2+} berwarna hijau tetapi karat berwarna perang kerana ferum(II) hidroksida, Fe(OH)_2 , mengalami pengoksidaan yang berterusan oleh oksigen untuk membentuk ferum(III) oksida terhidrat, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ (karat). x ialah integer yang mempunyai nilai yang pelbagai.



- Ferum(III) oksida, Fe_2O_3 atau karat adalah rapuh, telap dan tidak melekat dengan kuat. Oleh itu, air dan oksigen dapat meresap pada logam besi yang berada di bawahnya. Besi akan mengalami pengaratan yang berterusan.
- Pengaratan besi berlaku lebih cepat dengan kehadiran asid atau garam kerana apabila bahan-bahan ini melarut di dalam air, larutan menjadi elektrolit yang lebih baik. Elektrolit akan meningkatkan kekonduksian arus elektrik bagi air.
- Besi dalam bentuk keluli digunakan dengan meluas dalam bahan binaan. Contohnya besi digunakan untuk membuat kenderaan, bangunan, jambatan dan landasan kereta api. Bagaimanapun pengaratan akan menyebabkan struktur besi semakin lemah.
- Peruntukan kewangan yang tinggi setiap tahun diperlukan untuk mengatasi masalah pengaratan besi.



- Apabila besi bersentuhan dengan logam yang lebih elektropositif seperti zink, Zn maka pengaratan besi perlahan. Atom zink, Zn melepaskan elektron dengan lebih mudah berbanding ferum, Fe. Oleh itu, zink, Zn terkakis dan mengalami pengoksidaan.
Setengah persamaan pengoksidaan: $Zn(p) \rightarrow Zn^{2+}(ak) + 2e^-$
- Elektron yang dibebaskan mengalir melalui besi ke permukaan logam yang terdapat air dan oksigen.
Setengah persamaan penurunan: $O_2(g) + 2H_2O(ce) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(ak)$
- Apabila besi bersentuhan dengan logam yang kurang elektropositif seperti plumbum, pengaratan besi menjadi lebih cepat. Atom ferum, Fe kehilangan elektron lalu membentuk ion ferum(II), Fe^{2+} . Oleh itu, besi berkarat dan dioksidakan.
Setengah persamaan pengoksidaan: $Fe(p) \rightarrow Fe^{2+}(ak) + 2e^-$
- Kesan logam lain ke atas pengaratan besi adalah seperti yang berikut:

Besi lambat berkarat apabila bersentuh dengan Mg, Al dan Zn

Mg Al Zn

Besi berkarat dengan lebih cepat jika bersentuh dengan Sn, Pb dan Cu

Sn Pb Cu

Kecenderungan atom untuk melepaskan elektron semakin meningkat (semakin elektropositif)

CARA PENCEGAHAN PENGARATAN BESI

- **Penggunaan
Permukaan
Perlindungan**
- **Perlindungan
Logam Korban**
- **Pengaloian**



A Penggunaan Permukaan Perlindungan

Kaedah ini menghalang besi daripada bersentuh dengan air dan oksigen.

Cat, gris dan lapisan plastik

- Cat untuk pagar, kereta dan jambatan.
- Minyak atau gris pada enjin kereta.
- Lapisan plastik pada dawai pagar.



Dawai pagar disalut dengan plastik



Tin makanan yang disadur dengan timah



Atap besi galvani

Menggunakan logam lain

- Penggalvanian
 - Besi atau keluli disadur dengan zink yang nipis.
 - Zink membentuk lapisan zink oksida yang bersifat keras, kuat, tidak telap dan melindungi logam besi.
- Penyaduran timah(stanum)
 - Kepingan keluli disadur dengan stanum yang sangat nipis.
 - Stanum membentuk lapisan perlindungan oksida.
- Penyaduran kromium
 - Digunakan pada bumper kereta, basikal dan barang-barang hiasan.

Cabaran Minda

Ali tidak akan membeli makanan dalam tin yang kemik. Jelaskan mengapa.

B Perlindungan Logam Korban

Besi disambung pada logam yang lebih elektropositif seperti magnesium dan zink.

- Apabila besi disambung pada logam yang lebih elektropositif, logam yang lebih elektropositif terkakis maka pengaratan besi dapat dicegah. Logam yang lebih elektropositif menjadi logam korban.
- Logam korban ini perlu diganti dari semasa ke semasa.
- Logam korban digunakan untuk perlindungan kakisan tiang jambatan, badan kapal dan paip bawah tanah.



C**Pengaloian**

Dalam keluli nirkarat, besi dialoikan dengan karbon, kromium dan nikel.



Set kutleri daripada keluli nirkarat

- Kromium dan nikel membentuk lapisan perlindungan oksida yang tahan kakisan serta membentuk lapisan yang berkilat.
- Lapisan oksida terbentuk melindungi besi daripada terdedah kepada air dan oksigen. Keadaan ini dapat mencegah pengaratan.
- Keluli nirkarat banyak digunakan dalam alatan pembedahan dan perkakas dapur.

TAMAT

