

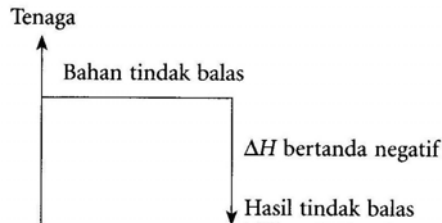
## BAB 4 TERMOKIMIA

### 4.1 Tindak balas eksotermik dan endotermik

**Termokimia** adalah kajian mengenai perubahan haba dalam suatu tindak balas kimia.

#### Tindak balas eksotermik

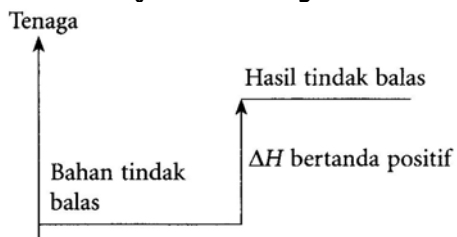
- Tindak balas kimia yang membebaskan tenaga haba ke persekitaran.
- Suhu persekitaran menaik
- Gambar rajah aras tenaga:



- Kandungan tenaga bahan tindak balas adalah **lebih tinggi** daripada kandungan tenaga hasil tindak balas.
- **ΔH adalah negatif**

#### Tindak balas endotermik

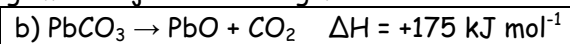
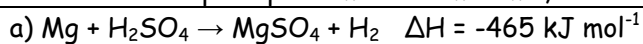
- Tindak balas kimia yang menyerap tenaga haba dari persekitaran.
- Suhu persekitaran menurun
- Gambar rajah aras tenaga:



- Kandungan tenaga bahan tindak balas adalah **lebih rendah** daripada kandungan tenaga hasil tindak balas.
- **ΔH adalah positif**

#### **Gambar rajah aras tenaga:**

Berdasarkan kepada persamaan termokimia, lukiskan gambar rajah aras tenaga.



Terdapat 4 jenis tindak balas.

Jenis tindak balas	Haba tindak balas, $\Delta H$	Definisi
Pemendakan	Haba pemendakan	Perubahan haba apabila <b>satu mol mendakan</b> dibentuk daripada ion-ionnya dalam larutan akueus.
Penyesaran	Haba penyesaran	Perubahan haba apabila <b>satu mol logam disesarkan</b> daripada larutan garamnya oleh satu logam yang lebih elektropositif.
Peneutralan	Haba peneutralan	Perubahan haba apabila <b>satu mol air</b> dibentuk daripada tindak balas antara asid dengan alkali.
Pembakaran	Haba pembakaran	Perubahan haba apabila <b>satu mol sebatian</b> dibakar dengan lengkap dalam oksigen berlebihan.

Tiga langkah untuk menentukan haba tindak balas,  $\Delta H$ .

1) Bilangan mol $n = \frac{MV}{1000}$ (unit = mol) $n$ = bilangan mol (mol) $M$ = kepekatan larutan ( $\text{mol dm}^{-3}$ ) $V$ = isi padu larutan ( $\text{cm}^3$ )	2) Perubahan haba // haba dibebaskan // tenaga haba $H = \frac{mc\theta}{1000}$ (unit = kJ) $m$ = jisim larutan (jumlah isipadu larutan) $c$ = muatan haba tentu larutan: $4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ $\theta$ = perubahan suhu  * $\div 1000$ untuk menukarkan jawapan dari "J" kepada "kJ"
3) Haba tindak balas, $\Delta H = \frac{H}{n} = +/- \frac{\text{perubahan haba}}{\text{bilangan mol}}$ (unit = $\text{kJ mol}^{-1}$ )  * $\Delta H$ mesti tulis (+ atau -)	

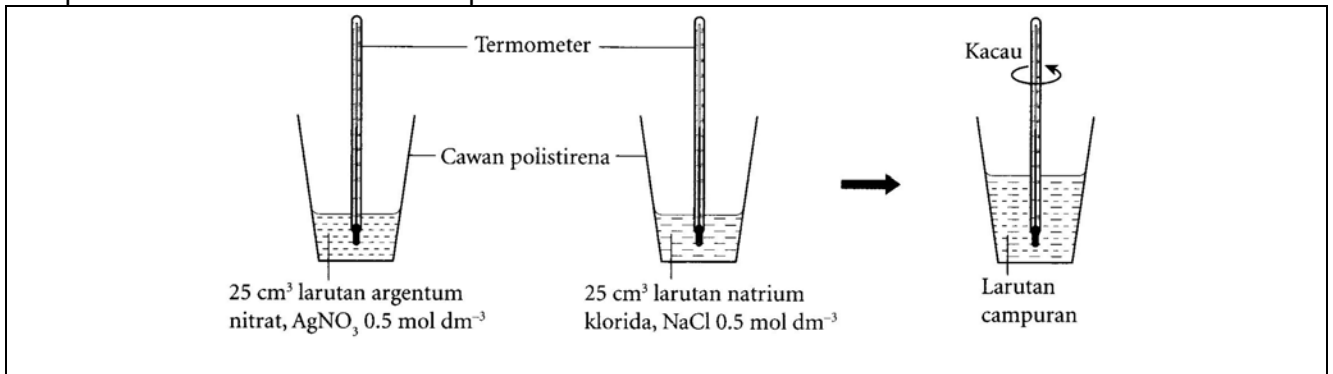
Tips:

Kalau $\Delta H$ tidak diberikan: 1) $n = \frac{MV}{1000}$  2) $H = mc\theta/1000$  3) $\Delta H = \frac{H}{n}$	Kalau $\Delta H$ diberikan: 1) $n = \frac{MV}{1000}$  2) $\Delta H = \frac{H}{n}$  3) $H = mc\theta/1000$
--	--



## 4.2 Haba pemendakan

Eksperimen untuk menentukan haba pemendakan



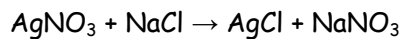
Keputusan:

Suhu awal larutan argentum nitrat ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_1$
Suhu awal larutan natrium klorida ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_2$
Suhu tertinggi larutan campuran ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$

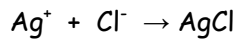
Pemerhatian:

- mendakan putih terbentuk (argentum klorida,  $\text{AgCl}$  terbentuk)
- suhu meningkat (tindak balas eksotermik)

Persamaan kimia:



Persamaan ion:



Mentafsirkan data:

Tips:

a) Menukar kepekatan bahan tindak balas  
=> perubahan suhu,  $\theta$  akan berlainan

Contoh:

Apabila  $50 \text{ cm}^3 \text{ NaOH } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
+  $50 \text{ cm}^3 \text{ HCl } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
: perubahan suhu =  $10^{\circ}\text{C}$ .

Jika  $50 \text{ cm}^3 \text{ NaOH } 3 \text{ mol dm}^{-3}$   
+  $50 \text{ cm}^3 \text{ HCl } 3 \text{ mol dm}^{-3}$   
: perubahan suhu =  $30^{\circ}\text{C}$

b) Menukar isipadu bahan tindak balas  
=> perubahan suhu,  $\theta$  adalah sama

Contoh:

Apabila  $50 \text{ cm}^3 \text{ NaOH } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
+  $50 \text{ cm}^3 \text{ HCl } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
: perubahan suhu =  $10^{\circ}\text{C}$ .

Jika  $100 \text{ cm}^3 \text{ NaOH } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
+  $100 \text{ cm}^3 \text{ HCl } 1 \text{ mol dm}^{-3}$   
: perubahan suhu =  $10^{\circ}\text{C}$

**Contoh:**

1) Dalam satu eksperimen untuk menentukan haba pemendakan untuk argentum klorida. 50 cm<sup>3</sup> asid hidroklorik 0.5 mol dm<sup>-3</sup> dicampurkan ke dalam 50 cm<sup>3</sup> larutan argentum nitrat 0.5 mol dm<sup>-3</sup>.

Keputusan eksperimen berikut diperolehi.

Suhu awal larutan argentum nitrat (°C)	28.0
Suhu awal asid hidroklorik (°C)	27.0
Suhu tertinggi larutan campuran (°C)	35.5

Hitungkan haba pemendakan bagi argentum klorida dalam eksperimen ini.  
[muatan haba tentu larutan: 4.2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> dan ketumpatan larutan: 1 g cm<sup>-3</sup>]

2) Dalam satu eksperimen untuk menentukan haba pemendakan untuk argentum klorida. 50 cm<sup>3</sup> larutan natrium klorida 1.0 mol dm<sup>-3</sup> dicampurkan ke dalam 50 cm<sup>3</sup> larutan argentum nitrat 1.0 mol dm<sup>-3</sup>.  
Persamaan termokimia bagi tindak balas pemendakan argentum klorida diberikan:

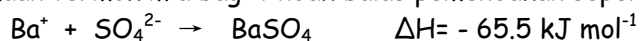


Hitungkan perubahan suhu yang berlaku dalam tindak balas ini.

3)

Seorang pelajar menjalankan satu eksperimen untuk menentukan haba pemendakan barium sulfat. 100 cm<sup>3</sup> larutan barium klorida 0.5 mol dm<sup>-3</sup> dicampurkan 100 cm<sup>3</sup> larutan natrium sulfat 0.5 mol dm<sup>-3</sup>.

Persamaan termokimia bagi tindak balas pemendakan seperti berikut:



a) Apakah maksud haba pemendakan?

Perubahan haba apabila satu mol mendakan dibentuk daripada ion-ionnya dalam larutan akueus.

b) Berdasarkan kepada persamaan termokimia

i) Nyatakan jenis tindak balas yang berlaku  
- eksotermik

ii) Bagaimanakah kandungan tenaga hasil tindak balas berbeza dari kandungan tenaga bahan tindak balas.  
 - Kandungan tenaga bahan tindak balas adalah **lebih tinggi** daripada kandungan tenaga hasil tindak balas

c) Hitung:

i) Bilangan mol ion barium

ii) Bilangan mol ion sulfat

iii) Haba yang dibebaskan semasa tindak balas

iv) perubahan suhu dalam tindak balas ini

[muatan haba tentu larutan:  $4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  dan ketumpatan larutan:  $1 \text{ g cm}^{-3}$ ]

d) Mengapakah cawan polistirena digunakan dalam eksperimen itu?

-cawan polistirena adalah penebat haba yang baik

e) Mengapakah bekas kuprum tidak boleh menggantikan cawan polistirena?

-bekas kuprum adalah konduktor haba yang baik.

f) Lukis rajah aras tenaga bagi tindak balas ini.

g) Nilai haba pemendakan yang telah dihitung adalah kurang daripada nilai sebenar. Berikan sebabnya.

-haba telah hilang ke persekitaran // haba telah diserap oleh radas.

h) Nyatakan satu langkah yang perlu dijalankan untuk mendapat keputusan yang lebih tepat.

-campuran larutan sentiasa dikacau

i) Eksperimen itu diulangi dengan menggunakan

$50 \text{ cm}^3$  larutan barium klorida  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$  bertindak balas dengan

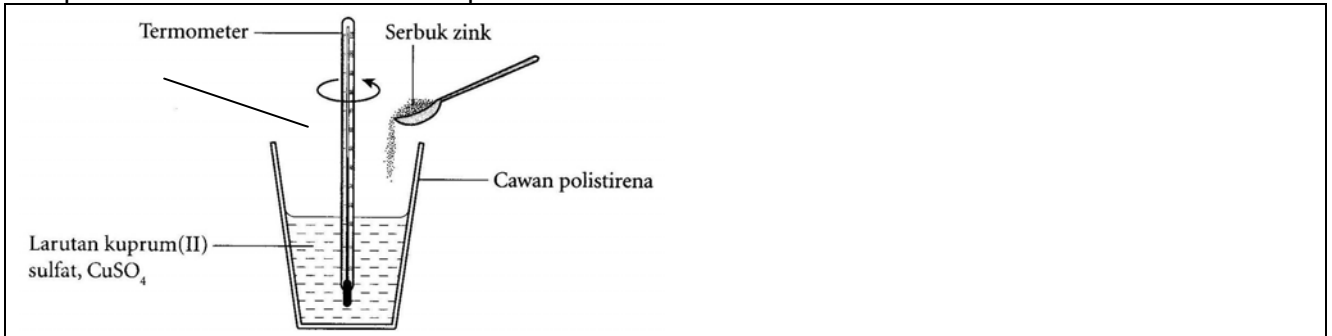
$50 \text{ cm}^3$  larutan natrium sulfat  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$ . Hitungkan perubahan suhu dalam eksperimen ini.

- Perubahan suhu tidak berubah



## 4.2 Haba Penyesaran

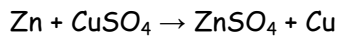
Eksperimen untuk menentukan haba pemendakan



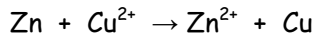
Pemerhatian:

- suhu meningkat (tindak balas eksotermik)
- Larutan biru menjadi tidak berwarna (kepekatan  $\text{Cu}^{2+}$  telah berkurang)
- Pepejal perang terbentuk

Persamaan kimia:



Persamaan ion:



Contoh:

1) Dalam satu eksperimen, serbuk zink dimasukkan ke dalam

100 cm<sup>3</sup> larutan kuprum(II) sulfat 0.5 mol dm<sup>-3</sup>

Keputusan eksperimen seperti berikut:

Penerangan	Temperature (°C)
Suhu awal larutan kuprum(II) sulfat	27.0
Suhu maksimum campuran	50.0

Hitung haba penyesaran bagi kuprum dalam eksperimen ini.

[muatan haba tentu larutan: 4.2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> dan ketumpatan larutan: 1 g cm<sup>-3</sup>]

2) Dalam satu eksperimen, Magnesium dimasukkan ke dalam

50 cm<sup>3</sup> larutan kuprum(II) sulfat 0.5 mol dm<sup>-3</sup>. Suhu awal bagi larutan kuprum(II) sulfat adalah 30.0 °C.

haba penyesaran dalam eksperimen ini adalah -37.8 kJ mol<sup>-1</sup>

Hitung

a) Haba yang dibebaskan semasa tindak balas

b) Perubahan suhu dalam eksperimen ini.

c) Suhu maksimum campuran dalam eksperimen ini.

[muatan haba tentu larutan: 4.2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> dan ketumpatan larutan: 1 g cm<sup>-3</sup>]

3) Dalam satu eksperimen, serbuk kuprum (berlebihan) telah dimasukkan ke dalam  $100 \text{ cm}^3$  larutan argentum nitrat  $0.5 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Suhu yang telah dicatat ditunjukkan di bawah

Suhu awal larutan argentum nitrat	$28.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Suhu tertinggi campuran	$40.5 \text{ }^\circ\text{C}$

a) Tuliskan persamaan kimia bagi tindak balas yang berlaku dalam eksperimen ini.

b) Tuliskan persamaan ion bagi tindak balas yang berlaku dalam eksperimen ini.

c) i) Nyatakan satu pemerhatian dalam eksperimen ini.

ii) Nyatakan sebab bagi pemerhatian di c) i)

d) Nyatakan satu langkah berjaga-jaga dalam eksperimen ini.

e) hitung:

i) bilangan mol larutan argentum nitrat

ii) perubahan haba dalam eksperimen ini

iii) haba penyesaran

[muatan haba tentu larutan:  $4.2 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  dan ketumpatan larutan:  $1 \text{ g cm}^{-3}$ ]

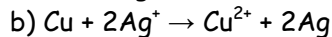
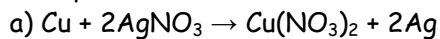
f) Lukis gambar rajah aras tenaga

g) Terangkan kenapa kuprum perlu digunakan dalam berlebihan.

h) Ramalkan perubahan haba penyesaran jika kuprum digantikan dengan aluminium.

Terangkan jawapan anda.

Jawapan:



c) i) Suhu meningkat // larutan tidak berwarna menjadi biru // pepejal kelabu terbentuk

ii) eksotermik // Ion kuprum(II) terbentuk // logam argentum terbentuk

d) - Serbuk zink dituang dengan cepat dan cermat //

- Campuran larutan sentiasa dikacau //

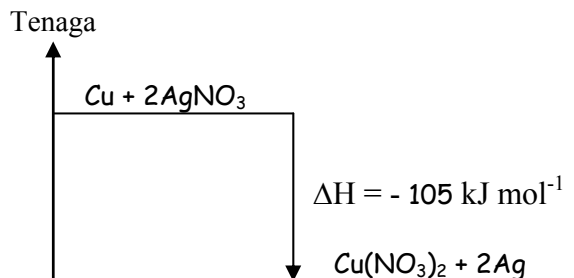
- serbuk zink digunakan, bukan ketulan zink.

e) i)  $0.05 \text{ mol}$

ii)  $5250 \text{ J}$  //  $5.25 \text{ kJ}$

iii)  $-105 \text{ kJ mol}^{-1}$

f)



g) untuk memastikan kuprum dapat menyesarkan semua argentum daripada larutannya.

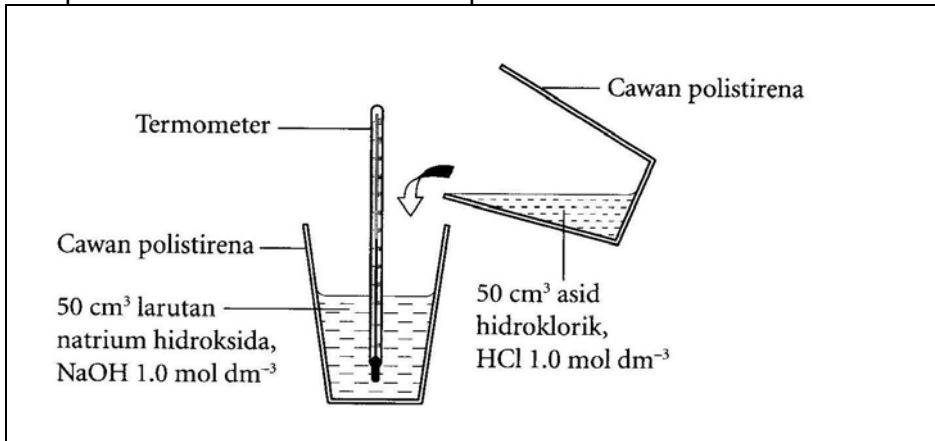
h) haba penyesaran lebih tinggi. Aluminium lebih elektropositif daripada kuprum.



#### 4.4 Haba Peneutralan

1. Proses peneutralan adalah tindak balas eksotermik

Eksperimen untuk menentukan haba peneutralan:



Persamaan kimia	Haba peneutralan $\Delta H$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ Asid kuat alkali kuat	-57.3
$\text{HCl} + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ Asid kuat alkali kuat	-57.3
$\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$ Asid kuat alkali lemah	-51.5
$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ Asid lemah alkali kuat	-55.0

Haba peneutralan berkurang

Kerana: asid lemah // alkali lemah digunakan

asid lemah dan alkali lemah mengion separa dalam air

Sebahagian tenaga haba digunakan untuk mengion lengkap molekul asid lemah // alkali lemah

#### Contoh:

1) Seorang pelajar menjalankan eksperimen untuk menentukan haba peneutralan.

100 cm<sup>3</sup> asid nitrik 2 mol dm<sup>-3</sup> dicampur dengan 100 cm<sup>3</sup> larutan natrium hidroksida 2 mol dm<sup>-3</sup>.

Keputusan eksperimen:

Suhu awal asid nitrik (°C)	30.0
Suhu awal larutan natrium hidroksida (°C)	30.0
Suhu maksimum campuran (°C)	37.5

[muatan haba tentu larutan: 4.2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> dan ketumpatan larutan: 1 g cm<sup>-3</sup>]

Hitungkan

- Haba yang dibebaskan semasa tindak balas
- Bilangan mol asid nitrik yang bertindak
- Haba peneutralan



2) Dalam satu eksperimen untuk menentukan haba peneutralan. 50 cm<sup>3</sup> of 1.0 mol dm<sup>-3</sup> asid hidroklorik bertindak balas dengan 50 cm<sup>3</sup> of 1.0 mol dm<sup>-3</sup> larutan ammonia. Persamaan termokimia bagi tindak balas ini diberikan di bawah.



a) Hitung

i) tenaga haba yang dibebaskan dalam eksperimen ini

ii) perubahan suhu dalam eksperimen ini

[muatan haba tentu larutan: 4.2 J g<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> dan ketumpatan larutan: 1 g cm<sup>-3</sup>]

3) Dengan menggunakan satu asid kuat dan satu asid lemah, huraikan satu eksperimen untuk menentukan haba peneutralan. Huraian anda hendaklah mengandungi:

- Prosedur menjalankan eksperimen
- Kaedah penghitungan haba penyesaran

Jawapan:

Bahan: Larutan natrium hidroksida 2.0 mol dm<sup>-3</sup>, asid hidroklorik 2.0 mol dm<sup>-3</sup>

Alat radas: cawan polistirena, termometer dan silinder penyukat

Prosedur:

1. Sukat 50 cm<sup>3</sup> Larutan natrium hidroksida 2.0 mol dm<sup>-3</sup> dan masuk ke dalam cawan polistirena. Suhu awal larutan natrium hidroksida dicatatkan
2. Sukat 50 cm<sup>3</sup> asid hidroklorik 2.0 mol dm<sup>-3</sup> dan masuk ke dalam cawan polistirena. Suhu awal asid hidroklorik dicatatkan
3. Dengan cepat dan cermat, asid hidroklorik dituangkan ke dalam Larutan natrium hidroksida
4. Campuran dikacau dan suhu tertinggi dicatatkan.

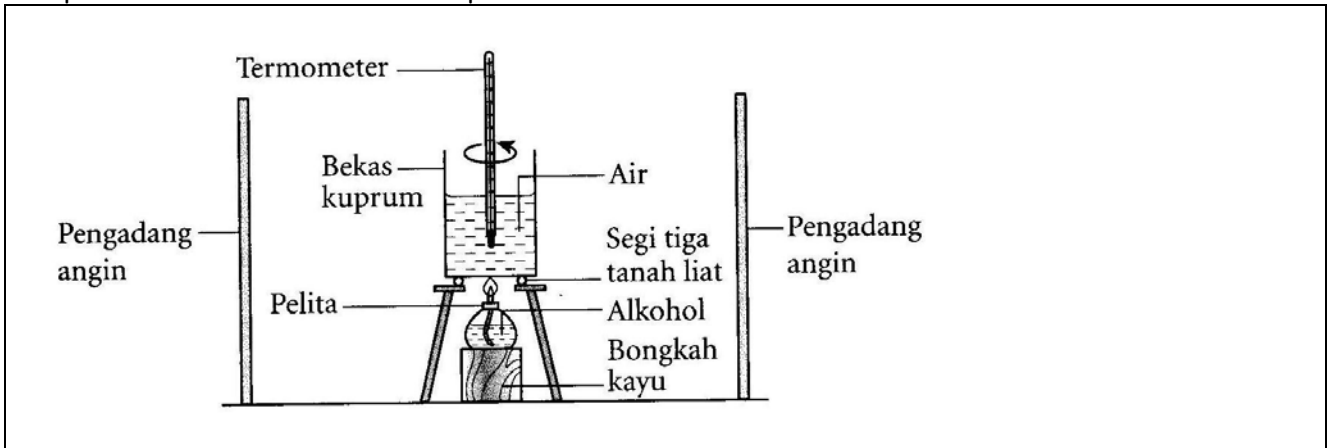
Kaedah kiraan:



## 4.5 Haba Pembakaran

1. Haba Pembakaran ialah haba yang dibebaskan apabila 1 mol bahan terbakar dengan lengkap dalam oksigen berlebihan.
2. Tindak balas pembakaran adalah proses eksotermik.

Ekspirimen untuk menentukan haba pembakaran etanol:



Contoh:

1) Satu eksperimen telah dijalankan untuk menentukan haba pembakaran methanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ .

Keputusan eksperimen:

Suhu awal air ( $^{\circ}\text{C}$ )	28.0
Suhu akhir air ( $^{\circ}\text{C}$ )	49.0
Isi padu air yang digunakan ( $\text{cm}^3$ )	250
Jisim awal pelita + metanol (g)	160.00
Jisim akhir pelita + metanol (g)	158.50

a) Hitung haba pembakaran bagi methanol.

b) Lukis rajah aras tenaga bagi tindak balas ini.

c) Eksperimen diulangi dengan menggunakan propanol,  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$

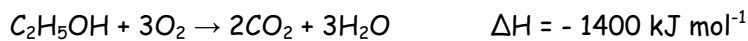
Bandingkan haba pembakaran metanol dengan propanol. Terangkan jawapan anda.

- Haba pembakaran bagi propanol adalah lebih tinggi.
- Apabila bilangan karbon bertambah, Lebih banyak  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  terbentuk  
Jadi lebih banyak ikatan terbentuk membebaskan lebih banyak tenaga

2) Pembakaran lengkap 1 mol propanol menghasilkan 2015 kJ tenaga haba.

Berapakah jisim propanol yang diperlukan untuk dibakar dengan lengkap supaya haba yang dibebaskan menaikkan suhu 200 cm<sup>3</sup> air sebanyak 30 °C ?

3) Pembakaran etanol berlaku mengikut persamaan termokimia di bawah



2.3 g etanol terbakar dalam oksigen berlebihan dan haba yang dibebaskan digunakan untuk memanaskan 500 cm<sup>3</sup> air. Hitungkan perubahan suhu air dalam bekas kuprum.

### Nilai Bahan api

1. Nilai bahan api ialah kuantiti haba yang dibebaskan apabila 1 g baha api terbakar dengan lengkap
2. Unit nilai bahan api ialah kJ g<sup>-1</sup>
3. Nilai bahan api yang lebih tinggi, adalah baha api yang lebih baik.
4. Bahan api yang digunakan mestilah
  - mempunyai nilai bahan api yang tinggi
  - murah
  - senang diperolehi
  - tidak mencemarkan alam sekitar

Contoh:

Haba pembakaran bagi etanol, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH adalah - 1400 kJ mol<sup>-1</sup>

Hitungkan nilai bahan api.

[jisim atom relative: H, 1; C, 12; O, 16]