



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,  
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH  
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS  
2020



Modul Pembelajaran SMA

# KIMIA



KELAS  
**XI**



# **JENIS-JENIS DAN PENENTUAN ENTALPI REAKSI KIMIA KELAS XI**

**PENYUSUN  
Wahyu Sriyanto, S.Pd.  
SMAN 1 Karangsembung**

## DAFTAR ISI

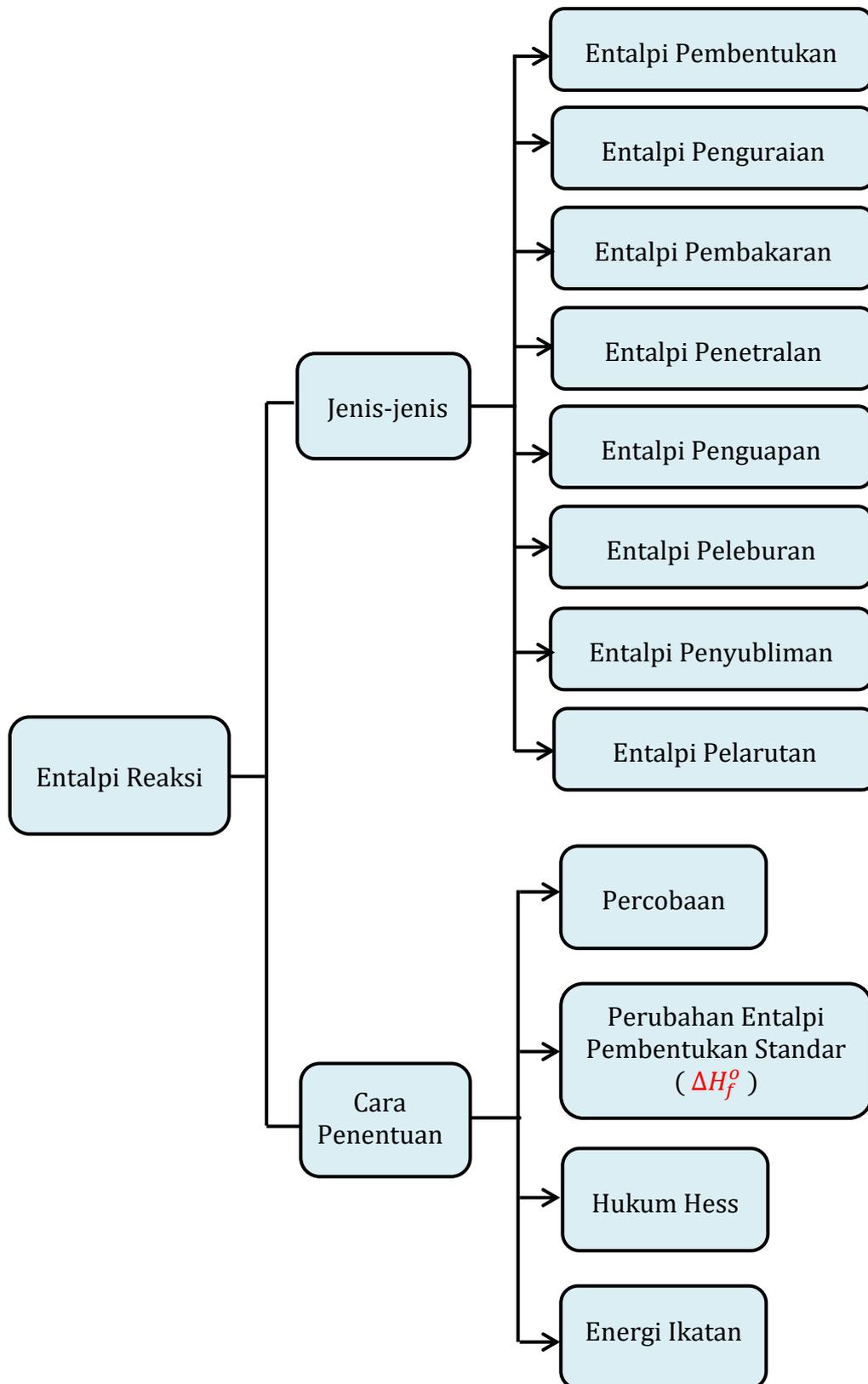
PENYUSUN .....	2
DAFTAR ISI .....	3
GLOSARIUM .....	5
PETA KONSEP .....	6
PENDAHULUAN .....	7
A. Identitas Modul .....	7
B. Kompetensi Dasar .....	7
C. Deskripsi Singkat Materi .....	7
D. Petunjuk Penggunaan Modul .....	7
E. Materi Pembelajaran .....	8
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1 .....	9
JENIS-JENIS ENTALPI REAKSI .....	9
A. Tujuan Pembelajaran .....	9
B. Uraian Materi .....	9
C. Rangkuman .....	11
D. Penugasan Mandiri .....	12
E. Latihan Soal .....	12
F. Penilaian Diri .....	15
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 .....	16
PENENTUAN ENTALPI REAKSI BERDASAR PERCOBAAN dan PERUBAHAN ENTALPI PEMBENTUKAN STANDAR .....	16
A. Tujuan Pembelajaran .....	16
B. Uraian Materi .....	16
C. Rangkuman .....	19
D. Penugasan Mandiri .....	19
E. Latihan Soal .....	20
F. Penilaian Diri .....	24
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 .....	25
PENENTUAN ENTALPI REAKSI BERDASAR HUKUM HESS dan DATA ENERGI IKATAN .....	25
A. Tujuan Pembelajaran .....	25
B. Uraian Materi .....	25

C. Rangkuman .....	27
D. Penugasan Mandiri .....	28
E. Latihan Soal .....	29
F. Penilaian Diri .....	32
EVALUASI .....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	37

## GLOSARIUM

Entalpi	: Besarnya energi yang diukur pada tekanan tetap.
Entalpi Reaksi	: Besarnya entalpi yang menyertai reaksi.
Perubahan Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Penguraian Standar ( $\Delta H_d^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsur penyusunnya yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Pembakaran Standar ( $\Delta H_c^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembakaran sempurna 1 mol zat yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Penetralkan Standar ( $\Delta H_n^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penetralan 1 mol asam oleh basa atau 1 mol basa oleh asam yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Penguapan Standar ( $\Delta H_{vap}^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguapan 1 mol zat dalam fasa cair menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Peleburan Standar ( $\Delta H_{fus}^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pencairan 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa cair yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Penyubliman Standar ( $\Delta H_{sub}^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penyubliman 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar.
Perubahan Entalpi Pelarutan Standar ( $\Delta H_{sol}^\circ$ )	: Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pelarutan 1 mol zat terlarut yang diukur pada keadaan standar.
Kalorimeter	: alat yang digunakan untuk mengukur perubahan energi termal atau perpindahan kalor reaksi.
Hukum Hess (Hukum penjumlahan kalor)	: Jika suatu reaksi berlangsung dalam dua tahap atau lebih, maka perubahan entalpi reaksi tersebut sama dengan jumlah perubahan entalpi dari semua tahapannya
Energi Ikatan	: Energi yang berkait dengan pemutusan atau pembentukan ikatan kimia

### PETA KONSEP



## PENDAHULUAN

### A. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: Kimia
Kelas	: XI
Alokasi Waktu	: 12 Jam Pelajaran
Judul Modul	: Jenis-jenis dan Cara Penentuan Entalpi Reaksi

### B. Kompetensi Dasar

- 3.5 Menjelaskan jenis entalpi reaksi, Hukum Hess dan konsep energi ikatan
- 4.5 Membandingkan perubahan entalpi beberapa reaksi berdasarkan data hasil percobaan

### C. Deskripsi Singkat Materi

Salam jumpa siswa sekalian, semoga kalian selalu sehat dan semangat dalam belajar. Pada modul ini kalian akan mempelajari konsep jenis entalpi reaksi, Hukum Hess dan konsep energi ikatan. Entalpi merupakan besarnya energi yang diukur pada tekanan tetap yang dimiliki oleh suatu sistem. Entalpi reaksi yaitu besarnya entalpi yang mengikuti suatu reaksi. Perubahan entalpi berdasar reaksinya dibedakan menjadi entalpi pembentukan, entalpi penguraian, entalpi pembakaran, entalpi penetralan, entalpi penguapan, entalpi peleburan, entalpi penyubliman dan entalpi pelarutan.

Selain berbagai jenis entalpi, akan dipelajari pula tentang hukum Hess, atau dikenal juga dengan hukum penjumlahan kalor reaksi, yang menyatakan bahwa jika suatu reaksi berlangsung dalam dua tahap atau lebih, maka perubahan entalpi reaksi tersebut sama dengan jumlah perubahan entalpi dari semua tahapannya. Dalam kalimat lain dapat dinyatakan bahwa besarnya kalor reaksi tidak bergantung pada tahapan reaksinya, tetapi bergantung pada keadaan awal dan keadaan akhir, artinya bagaimanapun tahapan reaksinya, kalau keadaan awal dan akhir zatnya sama maka besarnya entalpi reaksi akan sama. Energi ikatan adalah energi yang berkaitan dengan pemutusan atau pembentukan ikatan kimia. Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran dalam modul ini, harapannya kalian mampu menguasai kompetensi sesuai yang diharapkan.

### D. Petunjuk Penggunaan Modul

Para siswaku yang hebat, agar kalian dapat mencapai kompetensi yang diharapkan, dalam mempelajari modul ini silahkan ikuti petunjuk-petunjuk sebagai berikut:

1. Modul ini terdiri dari 3 kegiatan pembelajaran, baca dan pelajari modul ini secara berurutan dan berusaha untuk memahami isinya.
2. Untuk mengetahui pemahamanmu terhadap materi yang dipelajari, jawablah setiap pertanyaan yang ada latihan soal, uji pemahaman diri serta pada kegiatan evaluasi.

3. Jika ada materi yang belum kalian pahami, maka baca dan pelajari kembali peta konsep dan deskripsi serta uraian materi pada modul ini dengan seksama.
4. Pelajari soal dan penjelasan penyelesaiannya pada latihan soal dengan seksama serta dengan pemahaman, bukan dengan cara dihafalkan.
5. Dalam mengerjakan soal, baik itu latihan soal maupun evaluasi, berusahalah kalian mengerjakan sesuai dengan kemampuan kalian, belajarlah percaya diri dengan tidak melihat kunci jawaban terlebih dahulu sebelum kalian menyelesaikan soal-soal tersebut. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan kemudahan bagi kalian dalam mempelajari materi pada modul ini.

## E. Materi Pembelajaran

Modul ini terbagi menjadi **3** kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, soal latihan dan soal evaluasi.

Pertama : Jenis-jenis Entalpi Reaksi

Kedua : Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Data Percobaan dan Perubahan Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ )

Ketiga : Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Hukum Hess dan Energi Ikatan

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

### JENIS-JENIS ENTALPI REAKSI

#### A. Tujuan Pembelajaran

Para siswaku yang saya banggakan, setelah melakukan kegiatan pembelajaran ini diharapkan kalian dapat:

1. Menjelaskan pengertian entalpi reaksi
2. Menyebutkan jenis-jenis entalpi reaksi
3. Menjelaskan pengertian entalpi pembentukan
4. Menjelaskan pengertian entalpi penguraian
5. Menjelaskan pengertian entalpi pembakaran
6. Menjelaskan pengertian entalpi penetralan
7. Menjelaskan pengertian entalpi penguapan
8. Menjelaskan pengertian entalpi peleburan
9. Menjelaskan pengertian entalpi penyubliman
10. Menjelaskan pengertian entalpi pelarutan

#### B. Uraian Materi

Seperti yang telah kalian pelajari pada kegiatan pembelajaran sebelumnya, entalpi reaksi adalah besarnya entalpi yang menyertai suatu reaksi. Besarnya entalpi reaksi juga sangat beragam, ada yang menyerap, ada pula yang melepas kalor. Perhatikan gambar berikut!



Gambar 1  
Perobohan Gedung Dengan Peledakan  
(sumber: <https://news.detik.com/berita/d-3225080>)

Gambar tersebut menunjukkan besarnya entalpi reaksi dapat dimanfaatkan untuk merobohkan gedung bertingkat hanya hitungan detik. Akan tetapi tidak semua entalpi reaksi yang dihasilkan sama, bergantung kepada reaksinya.

Berdasar jenis reaksinya, entalpi reaksi dibedakan menjadi 8 jenis, yaitu:

1. Entalpi Pembentukan

Entalpi pembentukan merupakan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya. Apabila pengukuran perubahan entalpi pembentukan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^0$ )

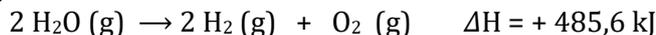
Contoh :



Pada reaksi di atas, untuk membentuk 2 mol gas amonia,  $\text{NH}_3$ , terjadi pelepasan kalor sebesar 92 kJ. Dengan demikian untuk membentuk 1 mol gas amonia akan terjadi pelepasan kalor sebesar  $92/2$  kJ atau sebesar 46 kJ. Karena persamaan termokimia di atas merupakan pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembentukannya = - 46 kJ/mol.

## 2. Entalpi Penguraian

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsur penyusunnya yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penguraian dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penguraian standar ( $\Delta H_d^0$ ). Contoh:

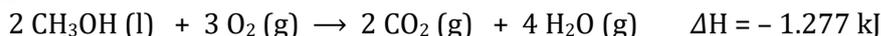


Pada reaksi di atas, untuk menguraikan 2 mol uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dibutuhkan kalor sebesar 485,6 kJ. Dengan demikian untuk menguraikan 1 mol uap air akan membutuhkan kalor sebesar  $485,6/2$  atau sebesar 242,8 kJ. Karena persamaan termokimia di atas merupakan penguraian senyawa menjadi unsur-unsurnya maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembentukannya = + 242,8 kJ/mol.

## 3. Entalpi Pembakaran

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembakaran sempurna 1 mol zat yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi pembakaran dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pembakaran standar ( $\Delta H_c^0$ )

Contoh:



Pada reaksi pembakaran di atas, untuk membakar sempurna 2 mol metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), menghasilkan kalor sebesar 1.277 kJ. Dengan demikian pada pembakaran 1 mol metanol akan menghasilkan kalor sebesar  $1.277/2$  atau sebesar 638,5 kJ. Karena persamaan termokimia di atas merupakan pembakaran sempurna maka dapat disimpulkan perubahan entalpi pembakarannya = - 638,5 kJ/mol.

## 4. Entalpi Penetralan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penetralan 1 mol asam oleh basa atau 1 mol basa oleh asam yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penetralan dilakukan pada keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penetralan standar ( $\Delta H_n^0$ )

Contoh:

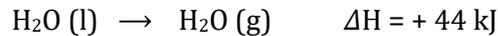


Pada reaksi penetralan di atas, untuk menetralkan 2 mol NaOH membutuhkan 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dengan menghasilkan kalor sebesar 200 kJ. Dengan demikian perubahan entalpi penetralan NaOH = - 200 kJ/2 mol = - 100 kJ/mol, sedangkan penetralan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  = - 200 kJ/1 mol = - 200 kJ/mol.

### 5. Entalpi Penguapan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguapan 1 mol zat dalam fasa cair menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penguapan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penguapan standar ( $\Delta H_{vap}^0$ )

Contoh:

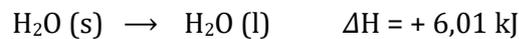


Pada proses penguapan 1 mol H<sub>2</sub>O dari fasa cair menjadi fasa gas, dibutuhkan kalor sebesar 44 kJ, dengan demikian perubahan entalpi penguapan = + 44 kJ/mol.

### 6. Entalpi Peleburan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pencairan 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa cair yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi peleburan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi peleburan standar ( $\Delta H_{fus}^0$ )

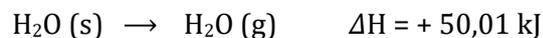
Contoh:



Pada proses peleburan 1 mol H<sub>2</sub>O dari fasa padat menjadi fasa cair, dibutuhkan kalor sebesar 6,01 kJ, dengan demikian perubahan entalpi peleburan H<sub>2</sub>O = + 6,01 kJ/mol.

### 7. Entalpi Penyubliman

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penyubliman 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa gas yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi penyubliman dilakukan pada keadaan standar (25°C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi penyubliman standar ( $\Delta H_{sub}^0$ ). Contoh:

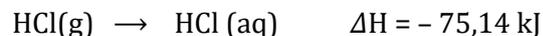


Pada proses penyubliman 1 mol H<sub>2</sub>O dari fasa padat menjadi fasa gas, dibutuhkan kalor sebesar 50,01 kJ, dengan demikian perubahan entalpi penyubliman H<sub>2</sub>O = +50,01 kJ/mol.

### 8. Entalpi Pelarutan

Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pelarutan 1 mol zat terlarut yang diukur pada keadaan standar. Apabila pengukuran perubahan entalpi pelarutan dilakukan pada keadaan standar (25 °C dan tekanan 1 atm) maka disebut perubahan entalpi pelarutan standar ( $\Delta H_{sol}^0$ )

Contoh:



Pada proses pelarutan 1 mol HCl dari fasa gas menjadi fasa larutan, menghasilkan kalor sebesar 75,14 kJ, dengan demikian perubahan entalpi pelarutan HCl = - 75,14 kJ/mol.

## C. Rangkuman

Untuk lebih menguatkan pemahaman kalian, mari kita rangkum materi laju reaksi sebagai berikut:

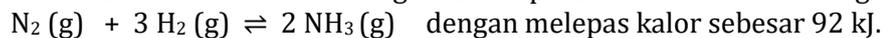
### 1. Entalpi Pembentukan

- Entalpi pembentukan merupakan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya.
2. Entalpi Penguraian  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguraian 1 mol senyawa menjadi unsur-unsur penyusunnya.
  3. Entalpi Pembakaran  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pembakaran sempurna 1 mol zat.
  4. Entalpi Penetralkan  
Perubahan entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penetralan 1 mol asam oleh basa atau 1 mol basa oleh asam.
  5. Entalpi Penguapan  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penguapan 1 mol zat dalam fasa cair menjadi fasa gas.
  6. Entalpi Peleburan  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pencairan 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa cair.
  7. Entalpi Penyubliman  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada penyubliman 1 mol zat dalam fasa padat menjadi fasa gas.
  8. Entalpi Pelarutan  
Entalpi yang dibutuhkan atau dilepaskan pada pelarutan 1 mol zat terlarut.

#### D. Penugasan Mandiri

Siswaku yang hebat, untuk memanfaatkan waktu lebih efektif dan melatih ketrampilan dalam pengerjaan soal, silahkan kerjakan soal berikut:

Amoniak,  $\text{NH}_3$  adalah suatu senyawa yang sangat dibutuhkan dalam industri kimia, baik itu sebagai bahan baku pembuatan pupuk, sebagai pendingin maupun lainnya. Produksi amoniak dikenal dengan istilah proses Harber- Bosch dengan reaksi :



Berdasar data tersebut:

- a. Tuliskan persamaan termokimia pada proses Harber – Bosch!
- b. Tentukan besarnya perubahan entalpi pembentukan dari amoniak!
- c. Tuliskan persamaan termokimia penguraian amoniak
- d. Tentukan  $\Delta H_f^\circ$  amoniak.

#### E. Latihan Soal

Kerjakan Latihan Soal berikut dengan jujur, mandiri serta penuh semangat! Berusahalah mengerjakan secara mandiri terlebih dahulu tanpa melihat kunci jawaban. Setelah selesai mengerjakan, cocokkan jawabanmu dengan kunci soal, bila jawabanmu ada yang belum sesuai dengan kunci, bacalah dan berusaha pahami pembahasannya. Selamat berlatih dan semangat.

1. Perhatikan reaksi berikut!

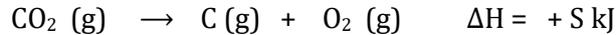


Berdasar data tersebut di atas maka  $\Delta H_c^\circ$   $\text{C}_2\text{H}_6$  adalah .... kJ/mol

- A.  $- 2P$
- B.  $- P$
- C.  $- P/2$

- D. + P/2  
E. + 2P

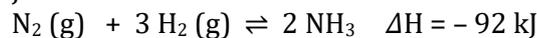
2. Perhatikan reaksi berikut!



Berdasar data tersebut di atas maka  $\Delta H_f^\circ$   $\text{CO}_2$  adalah .... kJ/mol

- A. + 2S  
B. + S  
C. - S/2  
D. - S  
E. - 2S

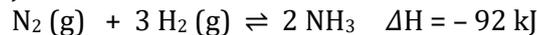
3. Jika diketahui:



Besarnya perubahan entalpi penguraian standar gas  $\text{NH}_3$  adalah ....

- A. - 92 kJ/mol  
B. - 46 kJ/mol  
C. + 46 kJ/mol  
D. + 92 kJ/mol  
E. + 184 kJ/mol

4. Jika diketahui:



Besarnya  $\Delta H_f^\circ$  pada reaksi tersebut adalah ....

- A. - 92 kJ/mol  
B. - 46 kJ/mol  
C. + 46 kJ/mol  
D. + 92 kJ/mol  
E. + 184 kJ/mol

5. Diketahui perubahan entalpi pembentukan standar  $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s})$  sebesar - 1.267 kJ.

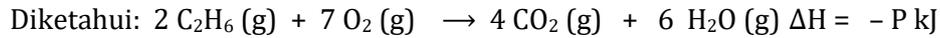
Persamaan termokimia yang tepat untuk pernyataan di atas adalah ....

- A.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na} (\text{s}) + \text{S} (\text{s}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = - 1.267 \text{ kJ}$   
B.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) \quad \Delta H = - 1.267 \text{ kJ}$   
C.  $2 \text{Na}^+ (\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{aq}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \quad \Delta H = - 1.267 \text{ kJ}$   
D.  $2 \text{Na} (\text{s}) + \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \quad \Delta H = - 1.267 \text{ kJ}$   
E.  $2 \text{Na} (\text{s}) + \text{S} (\text{s}) + 2 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s}) \quad \Delta H = - 1.267 \text{ kJ}$

### Kunci Jawaban dan Pembahasan Soal Latihan

1. Jawaban C

Pembahasan:



Berdasar reaksi tersebut, kalor yang **dilepaskan** pada pembakaran **2 mol**  $\text{C}_2\text{H}_6$  sebesar **P kJ**. Sedangkan  $\Delta H_c^\circ$  adalah perubahan entalpi pembakaran standar, yaitu untuk pembakaran **1 mol**, maka  $\Delta H_c^\circ \text{ C}_2\text{H}_6$  adalah  $- P \text{ kJ}/2 \text{ mol} = - P/2 \text{ kJ/mol}$ .

2. Jawaban D

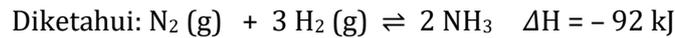
Pembahasan:



Reaksi tersebut merupakan reaksi penguraian, sedangkan yang ditanyakan adalah  $\Delta H_f^\circ \text{ CO}_2$ , hal itu berarti perubahan entalpi pembentukan standar, oleh karena itu reaksi harus berbalik arah, dengan berubah arah reaksi maka nilai  $\Delta H$  yang awalnya bertanda positif (+) harus berubah menjadi tanda negatif (-). Karena reaksi tersebut telah 1 mol, maka  $\Delta H_f^\circ \text{ CO}_2 = - S \text{ kJ/mol}$ .

3. Jawaban C

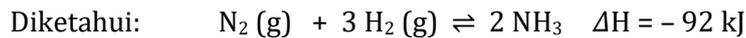
Pembahasan:



Reaksi tersebut merupakan reaksi pembentukan, sedangkan yang ditanyakan adalah perubahan entalpi pembentukan standar, oleh karena itu reaksi harus berbalik arah, dengan berubah arah reaksi maka nilai  $\Delta H$  yang awalnya bertanda negatif (-) harus berubah menjadi tanda positif (+). Karena reaksi tersebut masih menguraikan 2 mol, maka besarnya perubahan entalpi penguraian standar gas  $\text{NH}_3$  adalah  $+ 92 \text{ kJ}/2 \text{ mol} = + 46 \text{ kJ/mol}$ .

4. Jawaban B

Pembahasan:

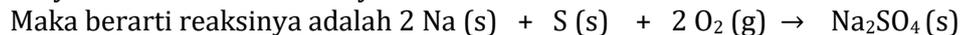


Reaksi tersebut merupakan reaksi pembentukan, dan yang ditanyakan adalah Besarnya  $\Delta H_f^\circ$  pada reaksi tersebut maka berarti arah reaksi telah sesuai, karena reaksi tersebut masih membentuk 2 mol, maka besarnya  $\Delta H_f^\circ$  pada reaksi tersebut adalah  $- 92 \text{ kJ}/2 \text{ mol} = - 46 \text{ kJ/mol}$ .

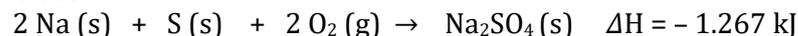
5. Jawaban E

Pembahasan:

Diketahui perubahan entalpi pembentukan standar  $\text{Na}_2\text{SO}_4 (\text{s})$  sebesar  $- 1.267 \text{ kJ/mol}$ . Perubahan entalpi pembentukan standar adalah pembentukan 1 mol senyawa dari unsur-unsurnya.



Besarnya  $\Delta H$  pada reaksi tersebut =  $- 1.267 \text{ kJ}$ . Dengan demikian persamaan termokimia adalah:



## F. Penilaian Diri

Siswaku yang saya sayangi, untuk mengetahui ketercapaian penguasaan dalam mempelajari modul ini, silahkan kalian jawab pertanyaan-pertanyaan berikut di bawah ini dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi reaksi		
2	Saya dapat menyebutkan jenis-jenis entalpi reaksi		
3	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi pembentukan		
4	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi penguraian		
5	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi pembakaran		
6	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi penetralan		
7	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi penguapan		
8	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi peleburan		
9	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi penyubliman		
10	Saya dapat menjelaskan pengertian entalpi pelarutan		

Bila dalam menjawab pertanyaan di atas masih terdapat jawaban "Tidak", maka segera lakukan pengulangan pembelajaran, terutama pada bagian yang masih terdapat jawaban "Tidak".

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

### PENENTUAN ENTALPI REAKSI BERDASAR PERCOBAAN dan PERUBAHAN ENTALPI PEMBENTUKAN STANDAR

#### A. Tujuan Pembelajaran

Para siswaku yang saya banggakan, setelah melakukan kegiatan pembelajaran ini diharapkan kalian dapat:

1. Menjelaskan pengertian kalorimeter
2. Menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan
3. Menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan
4. Menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ )
5. Menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ )

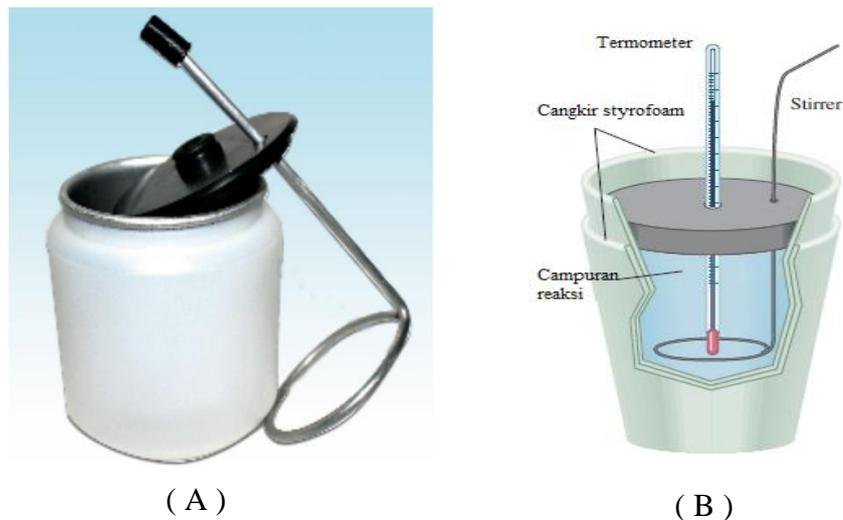
#### B. Uraian Materi

##### 1. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Data Percobaan

Kalorimetri yaitu Perubahan entalpi adalah perubahan kalor yang diukur pada tekanan konstan, untuk menentukan perubahan entalpi dilakukan dengan cara yang sama dengan penentuan perubahan kalor yang dilakukan pada tekanan konstan. Salah satu cara pengukuran kalor reaksi dapat dengan menggunakan kalorimeter. Cara penentuan kalor reaksi dengan menggunakan kalorimeter disebut kalorimetri. Alat yang digunakan adalah kalorimeter yaitu alat yang digunakan untuk mengukur perubahan energi termal atau perpindahan kalor. Perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi pada reaksi tersebut.



Gambar 1.  
Kalorimeter Bomb  
(Sumber : <https://apayangdimaksud.com/kalorimeter/>)



Gambar 2

Kalorimeter Sederhana di laboratorium kimia (A) dan kalorimeter dari gelas styrofoam

(Sumber : <https://www.tokopedia.com/alpermedia/kalorimeter-tekanan-tetap> dan <http://www.chem.co.id/2019/01/65-kalorimetri.html>)

Kalorimeter adalah suatu sistem terisolasi ( tidak ada perpindahan materi maupun energi dengan lingkungan di luar kalorimeter ). Secara garis besar Kalorimeter dibedakan menjadi dua, yaitu kalorimeter bom dan kalorimeter sederhana. Prinsip kerja kalorimetri adalah dengan penerapan azas Black, yakni dua buah zat atau lebih dicampur menjadi satu maka zat yang suhunya tinggi akan melepaskan kalor sedangkan zat yang suhunya rendah akan menerima kalor, sampai tercapai kesetimbangan termal.

Menurut azas Black : Kalor yang dilepas = kalor yang diterima

Rumus yang digunakan adalah :

$$q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$q \text{ kalorimeter} = C \times \Delta T$$

dengan :

q = jumlah kalor ( J )

m = massa zat ( g )

$\Delta T$  = perubahan suhu ( oC atau K )

c = kalor jenis ( J / g.oC ) atau ( J / g. K )

C = kapasitas kalor ( J / oC ) atau ( J / K )

Kalorimeter merupakan sistem terisolasi sehingga tidak ada kalor yang terbuang ke lingkungan, maka kalor reaksi = kalor yang diserap/ dibebaskan oleh larutan dan kalorimeter dengan tanda berbeda.

$$q_{\text{reaksi}} = - (q_{\text{larutan}} + q_{\text{kalorimeter}})$$

Pada prakteknya  $q_{\text{kalorimeter}}$  sering diabaikan pada perhitungannya.

Contoh soal:

Sebanyak 4 gram natrium hidroksida (Mr NaOH = 40) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 400 ml air, ternyata larutan hasil reaksi mengalami kenaikan 10 oC dari suhu mula-mula. Bila massa jenis air = 1 gram/ml dan kalor

jenis larutan =  $4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1}$ , tentukan perubahan entalpi pelarutan natrium hidroksida! (asumsikan masa larutan hanya masa air)

Jawab:

Berdasar data dari soal : masa air =  $V \cdot \rho = 400 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g/mL} = 400 \text{ g}$

$$c = 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1}$$

$$\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 400 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1} \cdot 10 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 16.800 \text{ J} \\ &= 16,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

## 2. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Perubahan Entalpi Pembentukan Standar ( $\Delta H_f^\circ$ )

Kalor suatu reaksi dapat ditentukan berdasar data entalpi pembentukan zat pereaksi dan zat produknya. Dalam hal ini, zat pereaksi dianggap terlebih dahulu terurai menjadi unsur-unsurnya, kemudian unsur-unsur tersebut bereaksi membentuk zat produk. Entalpi pembentukan zat yang diukur pada keadaan standar merupakan harga  $\Delta H_f^\circ$ , oleh karena itu perubahan entalpi Adapun rumus perhitungannya adalah:

$$\Delta H = \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{reaktan})$$

Contoh soal:

Diketahui perubahan entalpi pembentukan standar:

$$\text{CH}_3\text{OH (l)} = -238,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (g)} = -393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{O (l)} = -286,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Ar H} = 1, \text{ Ar C} = 12, \text{ Ar O} = 16$$

- Tentukan entalpi pembakaran metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$  !
- Tentukan jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol!

Jawab:

- Reaksi pembakaran metanol berarti metanol direaksikan dengan oksigen, sebagai berikut:  $\text{CH}_3\text{OH (l)} + 3/2\text{O}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{CO}_2 \text{ (g)} + 2\text{H}_2\text{O (g)}$   $\Delta H = ?$

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f^\circ(\text{reaktan}) \\ &= (1 \cdot \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 2 \cdot \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} + 3/2 \cdot \Delta H_f^\circ \text{O}_2) \\ &= (-393,5 \text{ kJ} + 2 \text{ mol} \cdot -286,0 \text{ kJ/mol}) - (-238,6 \text{ kJ} + 3/2 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol}) \\ &= (-393,5 \text{ kJ} + (-572 \text{ kJ})) - (-238,6 \text{ kJ}) \\ &= -965,5 \text{ kJ} + 238,6 \text{ kJ} \\ &= -726,9 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Jadi perubahan entalpi pembakaran metanol =  $-726,9 \text{ kJ/mol}$ .

- Kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol:  
8 gram metanol =  $8 \text{ gram} / 32 \text{ gram} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,25 \text{ mol}$   
Maka kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol adalah:  
=  $0,25 \text{ mol} \cdot -726,9 \text{ kJ/mol}$   
=  $-181,725 \text{ kJ}$

Jadi kalor yang dibebaskan pada pembakaran 8 gram metanol =  $181,725 \text{ kJ}$

### C. Rangkuman

Untuk lebih menguatkan pemahaman kalian, mari kita rangkum materi laju reaksi sebagai berikut:

1. Kalorimeter adalah suatu alat untuk mengukur kalor yang dilepaskan atau diserap pada suatu reaksi kimia.
2. Untuk menentukan besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan adalah dengan cara menghitung kalor yang dilepas atau diserap, dengan prinsip bahwa kalor yang dilepas atau diserap dapat kita tentukan dengan mengukur perubahan suhu larutan.
3. Menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan dengan rumus:  
 $q = m.c. \Delta T$   
 dengan  $q$  = jumlah kalor (joule)  
 $c$  = kalor jenis zat / larutan ( $\text{Joule.g}^{-1}\text{°C}^{-1}$ )  
 $\Delta T$  = perubahan suhu ( $T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}$ )
4. Cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) adalah dengan menghitung selisih antara perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) produk dan perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ) reaktannya.
5. Cara menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ ):

$$\Delta H = (\Delta H_f^\circ)_{\text{produk}} - (\Delta H_f^\circ)_{\text{reaktan}}$$

### D. Penugasan Mandiri

Siswaku yang hebat, untuk memanfaatkan waktu lebih efektif dan melatih ketrampilan dalam pengerjaan soal, silahkan kerjakan soal berikut:

1. Sebanyak 4 gram natrium hidroksida ( $M_r \text{ NaOH} = 40$ ) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 400 ml air, ternyata larutan hasil reaksi mengalami kenaikan  $10\text{ °C}$  dari suhu mula-mula, Bila massa jenis air =  $1\text{ gram/ml}$  dan kalor jenis larutan =  $4,2\text{ J gr}^{-1}\text{°C}^{-1}$ , tentukan perubahan entalpi pelarutan natrium hidroksida dalam satuan  $\text{kJ mol}^{-1}$

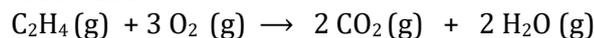
2. Diketahui :

$$\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O(g)} = -285\text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ CO}_2\text{(g)} = -393\text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_4\text{(g)} = +227\text{ kJ/mol}$$

Tentukan jumlah kalor yang dibebaskan pada pembakaran 2,8 gram gas  $\text{C}_2\text{H}_4$  ( $A_r \text{ C} = 12$ ,  $A_r \text{ H} = 1$ ) sesuai reaksi :



## E. Latihan Soal

Kerjakan Latihan Soal berikut dengan jujur, mandiri serta penuh semangat! Berusahalah mengerjakan secara mandiri terlebih dahulu tanpa melihat kunci jawaban. Setelah selesai mengerjakan, cocokkan jawabanmu dengan kunci soal, bila jawabanmu ada yang belum sesuai dengan kunci, bacalah dan berusaha pahami pembahasannya. Selamat berlatih dan semangat.

- Sebanyak 30 gram urea ( $M_r \text{ Urea} = 60$ ) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 500 ml air. Hasil pengamatan termometer menunjukkan terjadi perubahan suhu dimana suhu awal air adalah  $28^\circ\text{C}$  kemudian mengalami penurunan menjadi  $21^\circ\text{C}$ . Bila massa larutan dianggap hanya masa air dan kalor jenis larutan =  $4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1}$ . Besarnya perubahan entalpi pelarutan urea dalam satuan  $\text{kJ mol}^{-1}$  yang tepat adalah ....
  - 29,4 kJ/mol
  - 14,7 kJ/mol
  - + 14,7 kJ/mol
  - + 29,4 kJ/mol
  - + 58,8 kJ/mol
- Sebanyak 4 gram natrium hidroksida ( $M_r \text{ NaOH} = 40$ ) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 500 ml air, ternyata larutan hasil reaksi mengalami kenaikan  $8^\circ\text{C}$  dari suhu mula-mula, Bila massa larutan dianggap hanya massa air ( $m_{\text{air}} = 1 \text{ gram/ml}$ ) dan kalor jenis larutan =  $4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1}$ . Besarnya perubahan entalpi pelarutan natrium hidroksida dalam satuan  $\text{kJ mol}^{-1}$  adalah ....
  - + 168,0 kJ/mol
  - + 16,80 kJ/mol
  - 1,680 kJ/mol
  - 16,80 kJ/mol
  - 168,0 kJ/mol
- Diketahui :  $\Delta H^\circ_f \text{C}_2\text{H}_6 (\text{g}) = - 84,7 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O} (\text{g}) = - 242 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta H^\circ_f \text{CO}_2 (\text{g}) = - 394 \text{ kJ/mol}$   
 Bila  $\text{C}_2\text{H}_6$  dibakar sempurna menurut reaksi :
 
$$2\text{C}_2\text{H}_6 (\text{g}) + 7\text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4\text{CO}_2 (\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O} (\text{g})$$
 Besarnya perubahan entalpi dari reaksi tersebut adalah ....
  - 1.4520 kJ
  - 1.5760 kJ
  - 2.858,6 kJ
  - 3.128,0 kJ
  - 3.197,4 kJ
- Diketahui :  $\Delta H^\circ_f \text{C}_2\text{H}_2 (\text{g}) = + 52 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O} (\text{g}) = - 242 \text{ kJ/mol}$   
 $\Delta H^\circ_f \text{CO}_2 (\text{g}) = - 394 \text{ kJ/mol}$   
 Bila 5,2 gram gas  $\text{C}_2\text{H}_2$  ( $A_r \text{ C} = 12, \text{ H} = 1$ ) dibakar sempurna menurut reaksi :
 
$$2 \text{C}_2\text{H}_2 (\text{g}) + 5 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{CO}_2 (\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$$
 Besarnya perubahan entalpi dari reaksi tersebut adalah ....
  - 21,64 kJ

- B. - 43,28 kJ
- C. - 108,2 kJ
- D. - 216,4 kJ
- E. - 432,8 kJ

### Kunci Jawaban dan Pembahasan Soal Latihan

1. Jawaban : + 29,4 kJ/mol

Pembahasan:

Berdasar data dari soal : masa air =  $V \cdot \rho = 500 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g/mL} = 500 \text{ g}$

$$c = 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{°C}^{-1}$$

$$\Delta T = 21 \text{ °C} - 28 \text{ °C} = -7 \text{ °C}$$

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 500 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{°C}^{-1} \cdot -7 \text{ °C} \\ &= -14.700 \text{ J} \\ &= -14,7 \text{ kJ} ; \text{ karena } q \text{ reaksi} = -q \text{ sistem, maka } q \text{ reaksi} = -(-14,7 \text{ kJ}) \\ &= +14,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Diminta dengan satuan kJ/mol, berarti mol urea =  $30 \text{ gram} / 60 \text{ gram.mol}^{-1} = 0,5 \text{ mol}$

$$\begin{aligned} &= +14,7 \text{ kJ} / 0,5 \text{ mol} \\ &= +29,4 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

2. Jawaban : - 168 kJ/mol

Pembahasan

Berdasar data dari soal : masa air =  $V \cdot \rho = 500 \text{ mL} \cdot 1 \text{ g/mL} = 500 \text{ g}$

$$c = 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{°C}^{-1}$$

$$\Delta T = 8 \text{ °C}$$

$$\begin{aligned} q &= m \cdot c \cdot \Delta T \\ &= 500 \text{ g} \cdot 4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{°C}^{-1} \cdot 8 \text{ °C} \\ &= +16.800 \text{ J} \\ &= +16,8 \text{ kJ} ; \text{ karena } q \text{ reaksi} = -q \text{ sistem, maka } q \text{ reaksi} = -(+16,8 \text{ kJ}) \\ &= -16,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Diminta dengan satuan kJ/mol, berarti mol NaOH =  $4 \text{ gram} / 40 \text{ gram.mol}^{-1} = 0,1 \text{ mol}$

$$\begin{aligned} &= -16,8 \text{ kJ} / 0,1 \text{ mol} \\ &= -168 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

3. Jawaban - 2.858,6 kJ

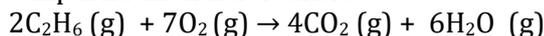
Pembahasan:

Diketahui :  $\Delta H_f^\circ \text{ C}_2\text{H}_6 \text{ (g)} = -84,7 \text{ kJ/mol}$

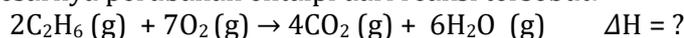
$\Delta H_f^\circ \text{ H}_2\text{O (g)} = -242 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H_f^\circ \text{ CO}_2 \text{ (g)} = -394 \text{ kJ/mol}$

Bila  $\text{C}_2\text{H}_6$  dibakar sempurna menurut reaksi :



Tentukan besarnya perubahan entalpi dari reaksi tersebut!



$$\begin{aligned} \Delta H &= \Sigma \Delta H_f^\circ (\text{produk}) - \Sigma \Delta H_f^\circ (\text{reaktan}) \\ &= (4 \cdot \Delta H_f^\circ \text{CO}_2 + 6 \cdot \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) - (2 \cdot \Delta H_f^\circ \text{C}_2\text{H}_6 + 7 \cdot \Delta H_f^\circ \text{O}_2) \\ &= (4 \cdot \text{mol} \cdot -394 \text{ kJ/mol} + 6 \cdot \text{mol} \cdot -242,0 \text{ kJ/mol}) - (2 \cdot -84,7 \text{ kJ} + 7 \cdot \text{mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol}) \\ &= (-1.576 \text{ kJ} + (-1.452 \text{ kJ})) - (-169,4 \text{ kJ}) \end{aligned}$$

$$= -3.028 \text{ kJ} + 169,4 \text{ kJ}$$

$$= -2.858,6 \text{ kJ}$$

Jadi perubahan entalpi reaksi tersebut = - 2.858,6 kJ.

4. Jawaban 216,4 kJ

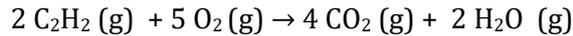
Pembahasan

Diketahui :  $\Delta H^{\circ}_f \text{C}_2\text{H}_2 (\text{g}) = + 52 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O} (\text{g}) = - 242 \text{ kJ/mol}$

$\Delta H^{\circ}_f \text{CO}_2 (\text{g}) = - 394 \text{ kJ/mol}$

Bila 5,2 gram gas  $\text{C}_2\text{H}_2$  ( Ar C = 12, H = 1 ) dibakar sempurna menurut reaksi :



Tentukan besarnya perubahan entalpi dari reaksi tersebut !

(Ar H = 1, Ar C = 12, Ar O = 16)



$$\Delta H = \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{produk}) - \Sigma \Delta H^{\circ}_f (\text{reaktan})$$

$$= (4.\Delta H^{\circ}_f \text{CO}_2 + 2.\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}) - (2.\Delta H^{\circ}_f \text{C}_2\text{H}_2 + 5.\Delta H^{\circ}_f \text{O}_2)$$

$$= (4\text{mol} \cdot -394 \text{ kJ/mol} + 2\text{mol} \cdot -242,0 \text{ kJ/mol}) - (2\text{mol} \cdot +52\text{kJ} + 3/2 \text{ mol} \cdot 0 \text{ kJ/mol})$$

$$= (-1.576 \text{ kJ} + (-484\text{kJ})) - (+104 \text{ kJ})$$

$$= -2.060 \text{ kJ} - 104 \text{ kJ}$$

$$= -2.164 \text{ kJ}$$

Besarnya perubahan entalpi pada pembakaran 5,2 gram  $\text{C}_2\text{H}_2$ :

$$5,2 \text{ gram } \text{C}_2\text{H}_2 = 5,2 \text{ gram} / 26 \text{ gram} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,2 \text{ mol}$$

Maka kalor yang dibebaskan pada pembakaran 5,2 gram  $\text{C}_2\text{H}_2$  adalah:

$$= 0,2 \text{ mol} \cdot -2.164 \text{ kJ/2 mol}$$

$$= -216,4 \text{ kJ}$$

Koefisien  $\text{C}_2\text{H}_2$

Besarnya perubahan entalpi pada pembakaran 5,2 gram  $\text{C}_2\text{H}_2 = -216,4 \text{ kJ}$

## F. Penilaian Diri

Siswaku yang saya sayangi, untuk mengetahui ketercapaian penguasaan dalam mempelajari modul ini, silahkan kalian jawab pertanyaan-pertanyaan berikut di bawah ini dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menjelaskan pengertian kalorimeter		
2	Saya dapat menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan		
3	Saya dapat menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data percobaan		
4	Saya dapat menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ )		
5	Saya dapat menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar perubahan entalpi pembentukan standar ( $\Delta H_f^\circ$ )		

Bila dalam menjawab pertanyaan di atas masih terdapat jawaban "Tidak", maka segera lakukan pengulangan pembelajaran, terutama pada bagian yang masih terdapat jawaban "Tidak".

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

### PENENTUAN ENTALPI REAKSI BERDASAR HUKUM HESS dan DATA ENERGI IKATAN

#### A. Tujuan Pembelajaran

Para siswaku yang saya banggakan, setelah melakukan kegiatan pembelajaran ini diharapkan kalian dapat:

1. Menjelaskan pengertian Hukum Hess
2. Menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar Hukum Hess
3. Menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar Hukum Hess
4. Menjelaskan pengertian energi ikatan
5. Menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan
6. Menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan

#### B. Uraian Materi

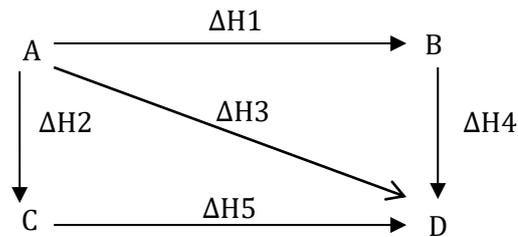
##### 1. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Hukum Hess

Pengukuran perubahan entalpi suatu reaksi kadangkala tidak dapat ditentukan langsung dengan kalorimeter, misalnya penentuan perubahan entalpi pembentukan standar  $\Delta H_f^{\circ} \text{CO}$ . Reaksi pembakaran karbon tidak mungkin hanya menghasilkan gas CO saja tanpa disertai terbentuknya gas CO<sub>2</sub>. Jadi, bila dilakukan pengukuran perubahan entalpi dari reaksi tersebut; yang terukur tidak hanya reaksi pembentukan gas CO saja tetapi juga perubahan entalpi dari reaksi pembentukan gas CO<sub>2</sub>.

Untuk mengatasi hal tersebut, Henry Hess melakukan serangkaian percobaan dan menyimpulkan bahwa perubahan entalpi suatu reaksi merupakan fungsi keadaan. Artinya : “ perubahan entalpi suatu reaksi hanya tergantung pada keadaan awal ( zat-zat pereaksi ) dan keadaan akhir ( zat-zat hasil reaksi ) dari suatu reaksi dan tidak tergantung pada jalannya reaksi.”

Menurut hukum Hess, karena entalpi adalah fungsi keadaan, perubahan entalpi dari suatu reaksi kimia adalah sama, walaupun langkah-langkah yang digunakan untuk memperoleh produk berbeda. Dengan kata lain, hanya keadaan awal dan akhir yang berpengaruh terhadap perubahan entalpi, bukan langkah-langkah yang dilakukan untuk mencapainya. Jika suatu reaksi berlangsung dalam dua tahap atau lebih, maka perubahan entalpi reaksi tersebut sama dengan jumlah perubahan entalpi dari semua tahapannya. Secara matematis pernyataan ini dapat dituliskan,  $\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \dots$

Hal ini menyebabkan perubahan entalpi suatu reaksi dapat dihitung sekalipun tidak dapat diukur secara langsung. Caranya adalah dengan melakukan operasi aritmatika pada beberapa persamaan reaksi yang perubahan entalpinya diketahui. Persamaan-persamaan reaksi tersebut diatur sedemikian rupa sehingga penjumlahan semua persamaan akan menghasilkan reaksi yang kita inginkan. Untuk lebih jelasnya perhatikan ilustrasi berikut!



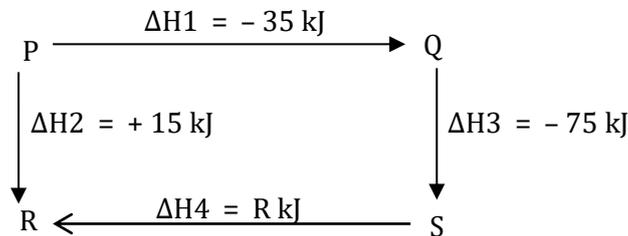
Dari ilustrasi tersebut, keadaan awal adalah A, sedangkan keadaan akhir adalah D. Untuk mencapai keadaan akhir, dari keadaan awal terdapat 3 jalur:

- A - B - D dengan entalpi reaksi  $\Delta H1 + \Delta H4$
- A - D dengan entalpi reaksi  $\Delta H3$
- A - C - D dengan entalpi reaksi  $\Delta H2 + \Delta H5$

Dengan demikian, menurut Hukum Hess dapat dibuat persamaan :

$$\Delta H1 + \Delta H4 = \Delta H3 = \Delta H2 + \Delta H5$$

Contoh Soal 1:



Tentukan R !

Jawab:

Dari diagram siklus dapat dibuat persamaan :

$$\Delta H2 = \Delta H1 + \Delta H3 + \Delta H4$$

$$\Delta H4 = \Delta H2 - (\Delta H1 + \Delta H3)$$

$$\Delta H4 = + 15 \text{ kJ} - (- 35 \text{ kJ} + - 75 \text{ kJ})$$

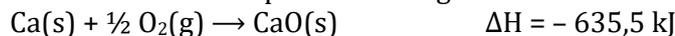
$$\Delta H4 = + 15 \text{ kJ} - (- 110 \text{ kJ})$$

$$\Delta H4 = + 15 \text{ kJ} + 110 \text{ kJ}$$

$$\Delta H4 = + 125 \text{ kJ}$$

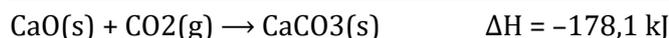
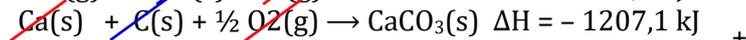
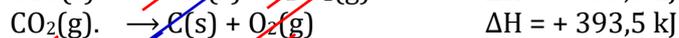
Contoh Soal 2:

Diketahui data entalpi reaksi sebagai berikut :



Hitunglah perubahan entalpi reaksi :  $\text{CaO(s)} + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s})$  !

Jawab :



## 2. Penentuan Entalpi Reaksi Berdasar Data Energi Ikatan

Reaksi kimia antarmolekul dapat dianggap berlangsung dalam 2 tahap yaitu :

- Pemutusan ikatan pada pereaksi
- Pembentukan ikatan pada produk

Sesuai dengan hukum Hess,  $\Delta H$  reaksi total adalah  $\Delta H$  tahap-I +  $\Delta H$  tahap-II.

$\Delta H$  tahap-I =  $\sum$  Energi ikatan pada pereaksi (yang putus)

$\Delta H$  tahap-II =  $-\sum$  Energi ikatan pada produk (yang terbentuk).

$\Delta H$  reaksi =  $\sum$  Energi ikatan pereaksi yang putus -  $\sum$  Energi ikatan produk yang terbentuk

=  $\sum$  Epemutusan -  $\sum$  Epengikatan

=  $\sum$  Eruas kiri -  $\sum$  Eruas kanan

Energi yang dibutuhkan untuk memutuskan 1 mol ikatan kimia dalam suatu molekul gas menjadi atom-atomnya dalam fase gas disebut energi ikatan atau energi disosiasi (D). Untuk molekul kompleks, energi yang dibutuhkan untuk memecah molekul itu sehingga membentuk atom-atom bebas disebut energi atomisasi. Harga energi atomisasi ini merupakan jumlah energi ikatan atom-atom dalam molekul tersebut. Untuk molekul kovalen yang terdiri dari dua atom, seperti  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , atau  $HI$  yang mempunyai satu ikatan, maka energi atomisasi sama dengan energi ikatan. Energi yang diperlukan untuk reaksi pemutusan ikatan telah diukur.

Contoh Soal:

Diketahui energi ikatan:

C - H = 415 kJ/mol

C = C = 607 kJ/mol

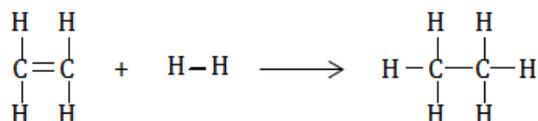
C - C = 348 kJ/mol

H - H = 436 kJ/mol

Ditanya :

$\Delta H$ reaksi pada reaksi :  $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

Jawab:



$\Delta H$  reaksi =  $\sum$  energi pemutusan ikatan -  $\sum$  energi pembentukan ikatan

=  $\{4 (\text{C} - \text{H}) + (\text{C} = \text{C}) + (\text{H} - \text{H})\} - \{6 (\text{C} - \text{H}) + (\text{C} - \text{C})\}$

=  $\{(4 \times 415) + 607 + 436\} - \{6 \times 415 + 348\}$

=  $(1660 + 1043) - (2490 + 348)$

=  $2703 - 2838$

= -135 kJ

Jadi,  $C_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$        $\Delta H = -135 \text{ kJ}$

## C. Rangkuman

Untuk lebih menguatkan pemahaman kalian, mari kita rangkum materi laju reaksi sebagai berikut:

1. Hukum Hess atau Hukum penjumlahan kalor menyatakan bahwa jika suatu reaksi berlangsung dalam dua tahap atau lebih, maka perubahan entalpi reaksi tersebut sama dengan jumlah perubahan entalpi dari semua tahapannya.

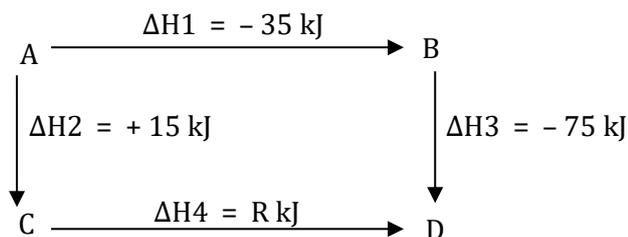
2. Cara menghitung atau menentukan besarnya entalpi reaksi berdasar Hukum Hess adalah dengan cara menentukan terlebih dahulu persamaan penjumlahan kalornya, karena dengan Hukum Hess dapat dibuat persamaan penjumlahan kalornya.
3. Energi ikatan adalah energi yang berkaitan dengan pemutusan atau pembentukan ikatan kimia ikatan.
4. Cara menentukan atau menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan adalah mencari selisih energi pemutusan dengan energi penggabungan (pengikatan). Untuk menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan diawali dengan menghitung jumlah ikatan yang ada pada tiap senyawanya, baik itu zat reaktan maupun zat produk. Setelah masing-masing jumlah energi pemutusan (zat reaktan) dan energi penggabungan (zat produk) diketahui, barulah ditentukan selisihnya dengan rumus:

$$\Delta H = \Sigma \text{energi pemutusan} - \Sigma \text{energi penggabungan}$$

## D. Penugasan Mandiri

Siswaku yang hebat, untuk memanfaatkan waktu lebih efektif dan melatih ketrampilan dalam pengerjaan soal, silahkan kerjakan soal berikut:

1. Diketahui diagram siklus reaksi sebagai berikut :



Dengan menerapkan Hukum Hess, tentukan nilai R !

2. Diketahui data energi ikat rata-rata :

$$\text{C} = \text{C} = 614 \text{ kJ/mol}$$

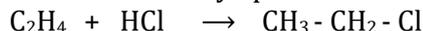
$$\text{C} - \text{C} = 348 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C} - \text{H} = 413 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C} - \text{Cl} = 328 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H} - \text{Cl} = 431 \text{ kJ/mol}$$

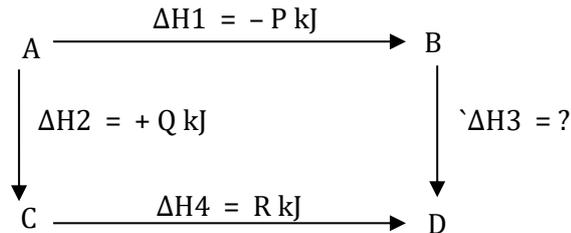
Tentukan besarnya perubahan entalpi pada reaksi :



## E. Latihan Soal

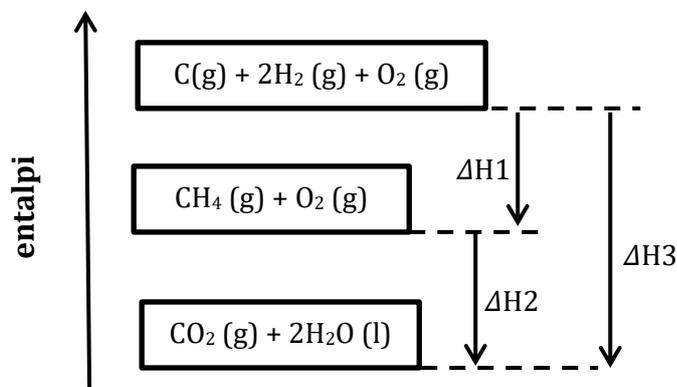
Kerjakan Latihan Soal berikut dengan jujur, mandiri serta penuh semangat! Berusahalah mengerjakan secara mandiri terlebih dahulu tanpa melihat kunci jawaban. Setelah selesai mengerjakan, cocokkan jawabanmu dengan kunci soal, bila jawabanmu ada yang belum sesuai dengan kunci, bacalah dan berusaha pahami pembahasannya. Selamat berlatih dan semangat.

1. Diketahui diagram siklus reaksi sebagai berikut :



Besarnya nilai  $\Delta H_3$  adalah ....

- A.  $\Delta H_3 = +Q \text{ kJ} + R \text{ kJ} - P \text{ kJ}$   
 B.  $\Delta H_3 = +Q \text{ kJ} - R \text{ kJ} - P \text{ kJ}$   
 C.  $\Delta H_3 = +R \text{ kJ} + P \text{ kJ} - Q \text{ kJ}$   
 D.  $\Delta H_3 = +R \text{ kJ} - (P \text{ kJ} + Q \text{ kJ})$   
 E.  $\Delta H_3 = +Q \text{ kJ} + R \text{ kJ} + P \text{ kJ}$
2. Diketahui data reaksi sebagai berikut!
- $\text{H}_2\text{O} (\text{g}) \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = +57,8 \text{ kkal}$   
 $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2 (\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = +68,3 \text{ kkal}$   
 $\text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{H}_2\text{O} (\text{s}) \quad \Delta H = -1,40 \text{ kkal}$
- Besarnya  $\Delta H$  untuk perubahan es menjadi uap air adalah ....
- A. +11,9 kkal  
 B. +9,10 kkal  
 C. +9,00 kkal  
 D. -9,00 kkal  
 E. -11,9 kkal
3. Perhatikan diagram tingkat energy dibawah ini!



Berdasarkan diagram diatas, hubungan  $\Delta H_1$ ,  $\Delta H_2$ ,  $\Delta H_3$  yang benar adalah ....

- A.  $\Delta H_2 = \Delta H_1 - \Delta H_3$
- B.  $\Delta H_2 = \Delta H_1 + \Delta H_3$
- C.  $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2$
- D.  $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$
- E.  $\Delta H_3 = \Delta H_2 - \Delta H_1$

4. Diketahui data energi ikat rata-rata sebagai berikut :

$$\text{C} - \text{H} = + 414 \text{ kJ / mol}$$

$$\text{C} = \text{C} = + 620 \text{ kJ / mol}$$

$$\text{H} - \text{H} = + 436 \text{ kJ / mol}$$

$$\text{C} - \text{C} = + 343 \text{ kJ / mol}$$

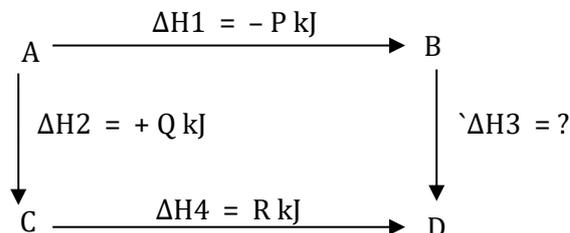
Perubahan entalpi reaksi :  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8$  sebesar ....

- A. - 229 kJ
- B. -115 kJ
- C. - 44 kJ
- D. + 115 kJ
- E. +229 kJ

**Kunci Jawaban dan Pembahasan Soal Latihan**

1. Jawaban: E.  $\Delta H_3 = +Q \text{ kJ} + R \text{ kJ} + P \text{ kJ}$

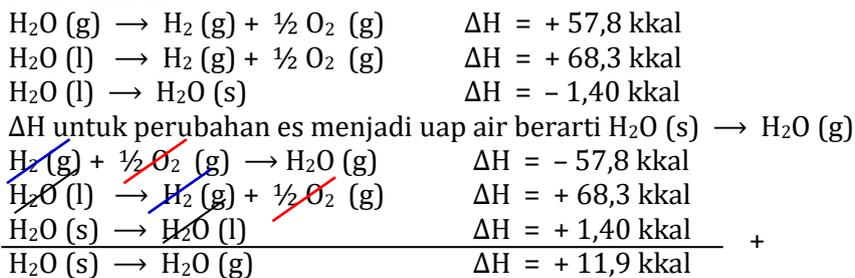
Pembahasan



$$\begin{aligned} \Delta H_2 + \Delta H_4 &= \Delta H_1 + \Delta H_3 \\ \Delta H_3 &= (\Delta H_2 + \Delta H_4) - \Delta H_1 \\ \Delta H_3 &= (+Q \text{ kJ} + R \text{ kJ}) - (-P \text{ kJ}) \\ \Delta H_3 &= +Q \text{ kJ} + R \text{ kJ} + P \text{ kJ} \end{aligned}$$

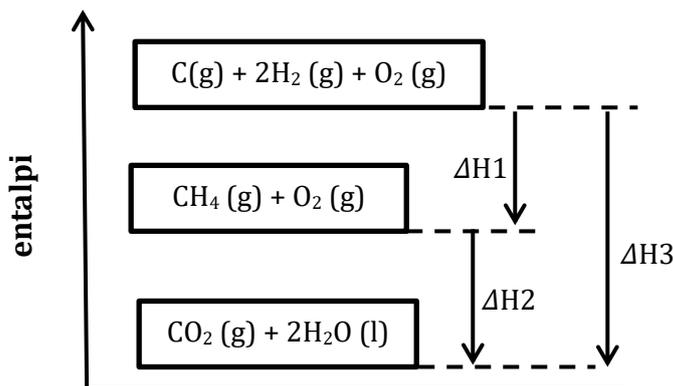
2. Jawaban: A. + 11,90 kkal

Pembahasan



3. Jawaban D. ( $\Delta H_3 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ )

Pembahasan



Keadaan awal :  $\text{C}(\text{g}) + 2\text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$

Keadaan akhir :  $\text{CO}_2 (\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} (\text{l})$

Ada 2 jalur, yaitu

a. jalur bertahap =  $\Delta H_1 + \Delta H_2$

b. jalur langsung =  $\Delta H_3$

Berdasar Hukum Hess maka besarnya entalpi adalah sama, berarti :

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Delta H_3$$

4. Jawaban: B. -115 kJ

Pembahasan:

Diketahui data energi ikat rata-rata sebagai berikut :

$$\text{C} - \text{H} = + 414 \text{ kJ / mol}$$

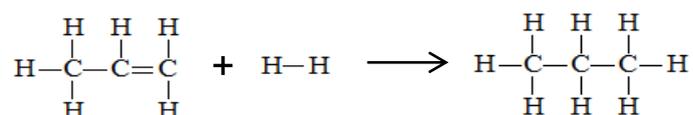
$$\text{C} = \text{C} = + 620 \text{ kJ / mol}$$

$$\text{H} - \text{H} = + 436 \text{ kJ / mol}$$

$$\text{C} - \text{C} = + 343 \text{ kJ / mol}$$

Besarnya perubahan entalpi reaksi :  $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_8$

Untuk mempermudah dibuat rumus struktur:



$$\begin{aligned}
 \Delta H \text{ reaksi} &= \Sigma \text{ energi pemutusan ikatan} - \Sigma \text{ energi pembentukan ikatan} \\
 &= \{6 (\text{C} - \text{H}) + (\text{C} = \text{C}) + (\text{C} - \text{C}) + (\text{H} - \text{H})\} - \{8 (\text{C} - \text{H}) + 2.(\text{C} - \text{C})\} \\
 &= \{[(\text{C} = \text{C}) + (\text{H} - \text{H})] - [(\text{C} - \text{H}) + (\text{C} - \text{C})]\} \\
 &= (620 + 436) - \{(2 \times 414) + 343\} \\
 &= 1.056 - 1.171 \\
 &= -115 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

## F. Penilaian Diri

Siswaku yang saya sayangi, untuk mengetahui ketercapaian penguasaan dalam mempelajari modul ini, silahkan kalian jawab pertanyaan-pertanyaan berikut di bawah ini dengan jujur dan bertanggungjawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat menjelaskan pengertian Hukum Hess		
2	Saya dapat menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar Hukum Hess		
3	Saya dapat menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar Hukum Hess		
4	Saya dapat menjelaskan pengertian energi ikatan		
5	Saya dapat menjelaskan cara penentuan besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan		
6	Saya dapat menghitung besarnya entalpi reaksi berdasar data energi ikatan		

Bila dalam menjawab pertanyaan di atas masih terdapat jawaban "Tidak", maka segera lakukan pengulangan pembelajaran, terutama pada bagian yang masih terdapat jawaban "Tidak".

## EVALUASI

1. Diketahui suatu reaksi:  $2 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g}) \quad \Delta H = -U \text{ kJ}$   
Berdasar data tersebut di atas maka  $\Delta H_d^0 \text{H}_2\text{O}$  adalah .... kJ/mol.
  - A. + U
  - B. + U/2
  - C. - U/2
  - D. - U
  - E. - 2U
  
2. Suatu reaksi:  $\text{CO}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{C} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \quad \Delta H = +S \text{ kJ}$   
Berdasar data tersebut di atas maka  $\Delta H_f^0 \text{CO}_2$  adalah ... kJ/mol.
  - A. + 2S
  - B. + S
  - C. - S/2
  - D. - S
  - E. - 2S
  
3. Jika diketahui:  
 $\text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 \quad \Delta H = -92 \text{ kJ}$   
Perubahan entalpi pada penguraian 1 mol gas  $\text{NH}_3$  menjadi unsur-unsurnya adalah ....
  - A. - 92 kJ
  - B. - 46 kJ
  - C. + 46 kJ
  - D. + 184 kJ
  - E. + 92 kJ
  
4. Perhatikan beberapa reaksi berikut!
 

a) $2 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$	$\Delta H = -U \text{ kJ}$
b) $2 \text{NH}_3 (\text{g}) \rightarrow \text{N}_2 (\text{g}) + 3 \text{H}_2 (\text{g})$	$\Delta H = -V \text{ kJ}$
c) $\text{CO}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{C} (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$	$\Delta H = +S \text{ kJ}$
d) $\frac{1}{2} \text{N}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2 (\text{g})$	$\Delta H = -R \text{ kJ}$
e) $2 \text{C}_2\text{H}_6 (\text{g}) + 7 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 4 \text{CO}_2 (\text{g}) + 6 \text{H}_2\text{O} (\text{g})$	$\Delta H = -P \text{ kJ}$

 Berdasarkan data di atas, pernyataan berikut di bawah ini yang tepat adalah ....
  - A.  $\Delta H_c^0 \text{C}_2\text{H}_6 = -2P \text{ kJ/mol}$
  - B.  $\Delta H_f^0 \text{NH}_3 = -V/2 \text{ kJ/mol}$
  - C.  $\Delta H_d^0 \text{NH}_3 = +V/2 \text{ kJ/mol}$
  - D.  $\Delta H_f^0 \text{NO}_2 = +R \text{ kJ/mol}$
  - E.  $\Delta H_d^0 \text{CO}_2 = +S \text{ kJ/mol}$
  
5. Sebanyak 4 gram natrium hidroksida (Mr NaOH = 40) dimasukkan ke dalam kalorimeter yang berisi 400 ml air, ternyata larutan hasil reaksi mengalami kenaikan  $10^\circ\text{C}$  dari suhu mula-mula, Bila massa larutan dianggap 400 gr dan kalor jenis larutan =  $4,2 \text{ J gr}^{-1}\text{C}^{-1}$ , maka perubahan entalpi pelarutan natrium hidroksida tersebut adalah .... kJ/mol
  - A. 1,680
  - B. 3,360

- C. 33,60
- D. 67,20
- E. 168,0

6. Diketahui suatu reaksi pembakaran metanol, CH<sub>3</sub>OH sebagai berikut :



Dan nilai perubahan entalpi pembentukan standar :

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{OH} = - 238,6 \text{ kJ/mol}$$

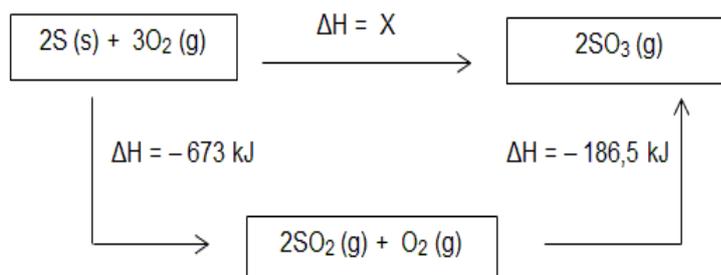
$$\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = - 393,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = - 286,0 \text{ kJ/mol}$$

Besarnya nilai perubahan entalpi untuk reaksi di atas adalah ....

- A. - 1.204,1 kJ/mol
  - B. - 726,90 kJ/mol
  - C. - 626,90 kJ/mol
  - D. - 440,90 kJ/mol
  - E. - 440,90 kJ/mol
7. Sebanyak 4,6 gram etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) dibakar, dan panasnya digunakan untuk memanaskan 500 mL air terjadi kenaikan suhu dari 27°C menjadi 47 °C , Jika Ar C = 12, H = 1, O = 16, Cp = 4,2 J/g K , m<sub>j</sub> air = 1 g/mL, maka besarnya perubahan entalpi pembakaran dari etanol tersebut adalah .... kJ/mol.
- A. - 420
  - B. - 210
  - C. - 84
  - D. - 42
  - E. - 21
8. Dalam ruangan dengan tekanan udara 1 atm, sebanyak 2 liter air (ρ = 1 gram/mL) dipanaskan dengan pembakaran 11 gram gas propana (Mr = 44) dari suhu 27 °C sampai mendidih. Bila diasumsikan kalor hasil pembakaran yang digunakan untuk menaikkan suhu air adalah 90% serta kalor jenis air = 4,2 J/gram °C, besarnya ΔH<sup>o</sup> gas propana tersebut adalah ....
- A. + 2.800 kJ/mol
  - B. + 2.520 kJ/mol
  - C. + 2.268 kJ/mol
  - D. - 2.268 kJ/mol
  - E. - 2.520 kJ/mol

9. Perhatikan siklus Hess berikut !



Berdasar siklus Hess di atas, besarnya perubahan entalpi pembentukan standar atau  $\Delta H_f^\circ \text{SO}_3(\text{g})$  adalah .... kJ/mol

- A. - 859,50
- B. - 486,50
- C. - 429,75
- D. + 486,50
- E. + 859,50

10. Diketahui data energi ikat rata-rata sebagai berikut :

$$\text{C} - \text{H} = 415 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C} = \text{C} = 607 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H} - \text{H} = 436 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{C} - \text{C} = 348 \text{ kJ/mol}$$

Besarnya perubahan entalpi pada reaksi :  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CH}_3$  tersebut adalah .... kJ.

- A. - 235
- B. - 180
- C. - 135
- D. + 135
- E. + 180

**KUNCI JAWABAN EVALUASI**

Cocokkanlah jawaban kalian dengan Kunci Jawaban di bawah ini, kemudian lakukan sesuai instruksi pada pedoman penskoran!

Kunci Jawaban	
Nomor	Opsi Jawaban
1	B
2	D
3	C
4	E
5	E
6	B
7	A
8	D
9	C
10	C

**Pedoman Penskoran**

Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi ini.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor Perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100 \%$$

Konversi tingkat penguasaan:

- 90 - 100% = baik sekali
- 80 - 89% = baik
- 70 - 79% = cukup
- < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sudarmo, Unggul & Mitayani, Nanik, 2014, *Kimia untuk SMA /MA kelas XI*, Jakarta, Erlangga
- Sudiono, Sri & Juari Santosa, Sri dan Pranowo, Deni, 2007, *Kimia Kelas XI untuk SMA dan MA*, Jakarta, Intan Pariwara
- Purba, Michael, 2017, *Kimia untuk SMA /MA kelas XI - 2*, Jakarta, Erlangga
- <https://news.detik.com/berita/d-3225080/4-teknik-membongkar-gedung-diledakkan-sampai-digerogoti-dari-dalam> [diakses pada 19 September 2020]