

ELEKTRONIK LEMBAR KERJA
PESERTA DIDIK

E-LKPD

TERMOKIMIA



PERTEMUAN 4



NAMA



KELAS



KELOMPOK



NAMA ANGGOTA KELOMPOK

1.

2.

3.

4.

5.



KELAS XI FASE F



BERBASIS INKUIRI TERSTRUKTUR

LIVEWORKSHEETS

“Assalamualaikum Ananda semuanya, pada pertemuan kali ini kita akan membahas materi tentang perubahan entalpi reaksi menggunakan hukum Hess, data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°), dan energi ikatan.”



Alokasi waktu pembelajaran 3 x 45 Menit

Capaian Pembelajaran

Elemen Pemahaman Kimia

Menganalisis hubungan struktur atom dengan sistem periodik unsur; membandingkan jenis ikatan kimia serta kaitannya dengan bentuk molekul dan gaya intermolekuler dalam memprediksi sifat fisik materi; **mengaitkan perubahan entalpi standar dari suatu reaksi kimia dengan sumber energi yang ada di lingkungan sekitar**; menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi; menganalisis kesetimbangan kimia dan penerapannya; menjelaskan daya hantar listrik dan sifat koligatif larutan; menjelaskan sel elektrokimia dalam kehidupan sehari-hari; dan menjelaskan senyawa karbon dan makromolekul.

Tujuan pembelajaran

1. Peserta didik dapat menjelaskan sistem dan lingkungan melalui fenomena dalam kehidupan sehari-hari.
2. Peserta didik dapat membedakan sistem terbuka, sistem tertutup dan sistem terisolasi dengan benar.
3. Peserta didik dapat mengklasifikasikan reaksi eksoterm dan endoterm berdasarkan perubahan energi serta diagram tingkat energi.
4. Peserta didik dapat menentukan persamaan termokimia secara benar.
5. Peserta didik dapat menganalisis konsep perubahan entalpi (ΔH) dan perubahan entalpi standar (ΔH°) pada reaksi kimia.
6. Peserta didik dapat menentukan ΔH reaksi secara eksperimen menggunakan kalorimeter.
7. **Peserta didik dapat menganalisis ΔH secara teoritis menggunakan hukum Hess, data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°), dan energi ikatan.**
8. Peserta didik dapat mengaitkan antara energi reaksi dengan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

OBSERVASI



Perhatikan gambar 16 di bawah ini!

Perhatikan gambar rute pendakian gunung di bawah. Terlihat terdapat beberapa jalur yang dapat digunakan untuk mencapai puncak, yaitu jalur landai yang berkelok-kelok dan jalur curam yang lebih singkat.



Gambar 14. Rute pendakian gunung
(Chang, R. 2010)

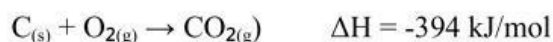
Meskipun jalur yang ditempuh berbeda, semua pendaki berangkat dari titik awal yang sama dan mencapai titik akhir yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan yang terjadi tetap sama, sedangkan perbedaannya hanya pada jalur yang dilalui.

Konsep ini serupa dengan reaksi kimia, di mana suatu reaksi dapat berlangsung melalui satu tahap atau beberapa tahap, tetapi perubahan entalpi total tetap sama selama keadaan awal dan akhir reaksi tidak berubah.

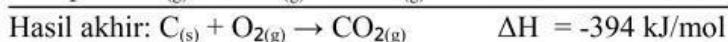
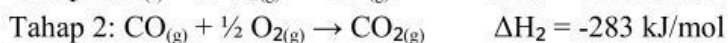
Sebagai contoh, pembentukan gas CO_2 dari karbon dan oksigen dapat terjadi melalui beberapa tahap reaksi, namun tetap menghasilkan perubahan entalpi total yang sama.

Proses tersebut dapat ditunjukkan sebagai berikut:

Cara 1:



Cara 2:



Berdasarkan wacana di atas, bagaimana menurutmu prinsip Hukum Hess dalam menentukan perubahan entalpi reaksi? Jika suatu reaksi dapat berlangsung melalui satu tahap maupun beberapa tahap, apakah perubahan entalpinya akan tetap sama? Jelaskan alasanmu!

Selanjutnya, bagaimana cara menentukan perubahan entalpi menggunakan data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°)? Jika diketahui $\Delta H_f^\circ \text{C}_{(\text{s})} = 0 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f^\circ \text{CO}_{2(\text{g})} = -394 \text{ kJ/mol}$, dan $\Delta H_f^\circ \text{O}_{2(\text{g})} = 0 \text{ kJ/mol}$, berapakah perubahan entalpi pembentukan CO_2 ?

Selain itu, bagaimana cara menentukan perubahan entalpi reaksi menggunakan energi ikatan? Apa yang dimaksud dengan energi ikatan dalam suatu reaksi kimia?

HIPOTESIS

Berdasarkan pertanyaan yang ada di kegiatan observasi buatlah hipotesis (dugaan sementara) yang dapat menjawab pertanyaan tersebut.

Buat hipotesis di kolom bawah ya Ananda?



Jika suatu reaksi kimia berlangsung melalui satu tahap maupun beberapa tahap reaksi, maka nilai perubahan entalpi (ΔH) karena perubahan entalpi hanya bergantung pada dan reaksi (Hukum Hess).

Jika diketahui $\Delta H_f^\circ \text{C}_{(s)} = 0 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_f^\circ \text{O}_{2(g)} = 0 \text{ kJ/mol}$, dan $\Delta H_f^\circ \text{CO}_{2(g)} = -394 \text{ kJ/mol}$, maka perubahan entalpi pembentukan CO_2 adalah kJ/mol.

Jika energi ikatan zat-zat yang bereaksi diketahui, maka perubahan entalpi reaksi dapat ditentukan dengan cara menghitung selisih antara total energi yang diperlukan untuk ikatan reaktan dan total energi yang dilepaskan saat ikatan produk.

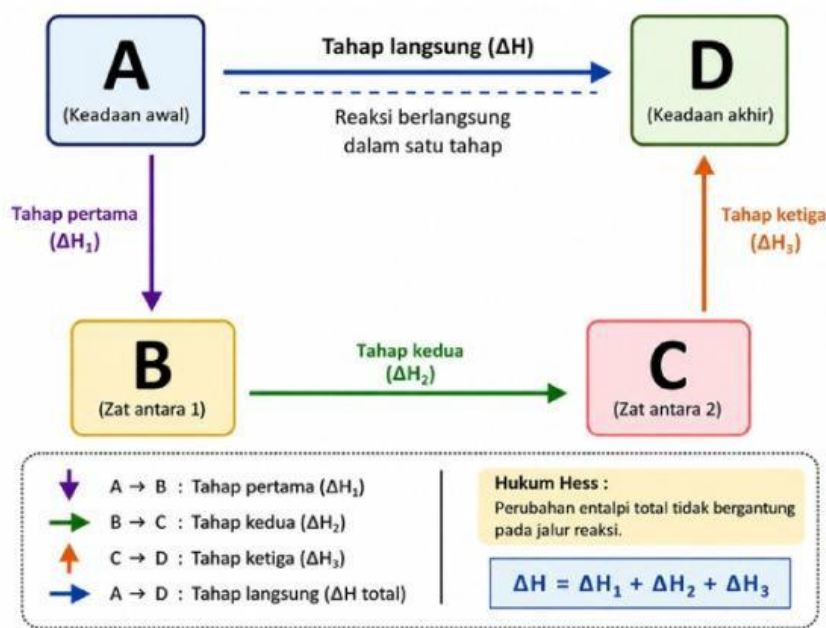
Energi ikatan merupakan energi yang diperlukan untuk satu mol ikatan kimia dalam fase gas.

KOLEKSI DAN ORGANISASI DATA**A. Penentuan perubahan entalpi (ΔH) berdasarkan hukum Hess**

Tentu kamu telah mengetahui bahwa perubahan entalpi (ΔH) tidak bergantung pada tahap yang dilalui suatu reaksi termokimia, tetapi hanya bergantung pada keadaan awal dan akhir reaksi. Beberapa reaksi kimia berlangsung melalui beberapa tahap. Setiap tahap menurut Germain Henry Hess, perubahan entalpi keseluruhan reaksi adalah jumlah perubahan entalpi dari setiap tahap reaksi seperti persamaan di bawah ini:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \dots + \Delta H_n$$

Untuk n tahap reaksi, maka:

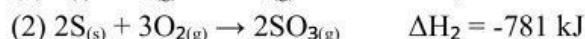
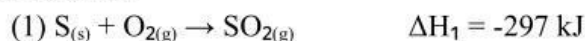


Dalam penerapan hukum Hess, kadangkala persamaan termokimia yang tersedia perlu disusun sedemikian rupa terlebih dahulu. Berikut aturan dalam penyusunan persamaan termokimia:

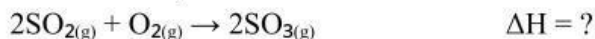
1. Ketika persamaan reaksi dibalik (reaktan menjadi produk ataupun sebaliknya), nilai ΔH juga harus dibalik (dari positif menjadi negatif, dan sebaliknya).
2. Substansi yang dihilangkan dari kedua sisi persamaan reaksi harus dalam fase yang sama.
3. Jika semua koefisien dari suatu persamaan reaksi dikali atau dibagi dengan faktor yang sama, maka nilai ΔH reaksi tersebut juga harus dikali atau dibagi dengan faktor tersebut.

Latihan soal:

1. Diketahui:



a. Tentukan entalpi reaksi:



b. Gambarkanlah diagram siklus dari reaksi-reaksi pembentukan SO_3 di atas!

c. Gambarkanlah diagram tingkat energi dari reaksi pembentukan SO_3 !

Penyelesaian:

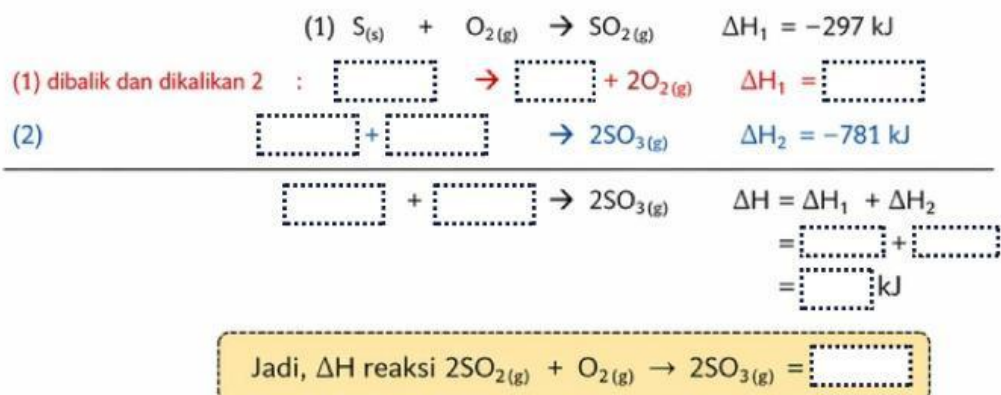
Isilah titik-titik di bawah ini dengan jawaban yang benar!

a. Pertama, kita harus menyusun terlebih dahulu persamaan 1 dan 2 sehingga penjumlahan keduanya menjadi sama dengan reaksi yang akan ditentukan entalpinya.

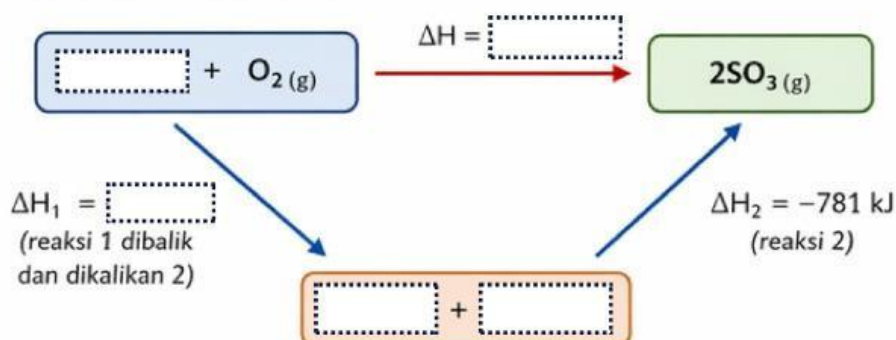
Reaksi 1: dikalikan 2 dan reaksi balik

Reaksi 2: tetap

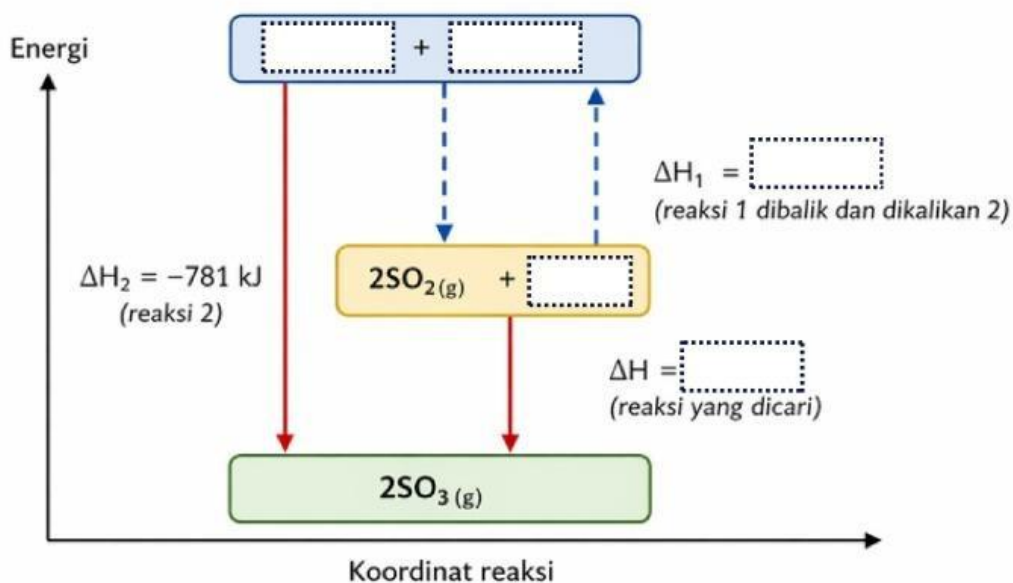
a. Menentukan entalpi reaksi



b. Diagram siklus untuk reaksi di atas



c. Diagram tingkat energi untuk reaksi di atas



B. Penentuan perubahan entalpi (ΔH) berdasarkan data perubahan entalpi pembentukan standar (ΔH_f°)

Harga perubahan entalpi reaksi pada keadaan standar dapat juga dihitung dengan menggunakan data perubahan entalpi pembentukan standar. Perubahan entalpi yang diketahui harus berupa data entalpi pembentukan pada keadaan standar. Berikut tabel data ΔH_f° :

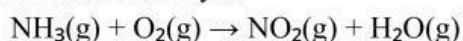
Tabel 6. Data perubahan entalpi pembentukan standar

Substance	ΔH_f° (kJ/mol)	Substance	ΔH_f° (kJ/mol)
Ag(s)	0	H ₂ O ₂ (l)	-187.6
AgCl(s)	-127.0	Hg(l)	0
Al(s)	0	I ₂ (s)	0
Al ₂ O ₃ (s)	-1669.8	HI(g)	25.9
Br ₂ (l)	0	Mg(s)	0
HBr(g)	-36.2	MgO(s)	-601.8
C(graphite)	0	MgCO ₃ (s)	-1112.9
C(diamond)	1.90	N ₂ (g)	0
CO(g)	-110.5	NH ₃ (g)	-46.3
CO ₂ (g)	-393.5	NO(g)	90.4
Ca(s)	0	NO ₂ (g)	33.85
CaO(s)	-635.6	N ₂ O(g)	81.56
CaCO ₃ (s)	-1206.9	N ₂ O ₄ (g)	9.66
Cl ₂ (g)	0	O(g)	249.4
HCl(g)	-92.3	O ₂ (g)	0
Cu(s)	0	O ₃ (g)	142.2
CuO(s)	-155.2	S(rhombic)	0
F ₂ (g)	0	S(monoclinic)	0.30
HF(g)	-271.6	SO ₂ (g)	-296.1
H(g)	218.2	SO ₃ (g)	-395.2
H ₂ (g)	0	H ₂ S(g)	-20.15
H ₂ O(g)	-241.8	Zn(s)	0
H ₂ O(l)	-285.8	ZnO(s)	-348.0

Sumber : (Chang, R. 2010)

1. Gunakan data ΔH_f° untuk menentukan ΔH pada reaksi amonia dan oksigen berlebih.

Persamaan reaksinya:



Penyelesaian: untuk menyelesaikan soal tersebut maka ikuti langkah-langkah berikut:

- a. Cari data ΔH_f° masing-masing zat
- b. Setarakan persamaan reaksi
- c. Kalikan harga ΔH_f° dengan koefisien reaksinya
- d. Tentukan ΔH reaksi dengan rumus di atas

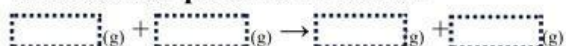
a. Cari data ΔH°_f masing-masing zat

$$\Delta H^\circ_f \text{NH}_3(\text{g}) = \boxed{} \text{ kJ/mol ;}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{O}_2(\text{g}) = \boxed{} \text{ kJ/mol ;}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{NO}_2(\text{g}) = \boxed{} \text{ kJ/mol ;}$$

$$\Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = \boxed{} \text{ kJ/mol.}$$

b. Setarakan persamaan reaksi:**c. Kalikan harga ΔH°_f dengan koefisien reaksinya:**

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{reaksi}}^\circ &= \sum \Delta H^\circ_{\text{(hasil reaksi)}} - \sum \Delta H^\circ_{\text{(pereaksi)}} \\ &= [(\boxed{} \times \boxed{} \text{ kJ/mol}) + (\boxed{} \times (\boxed{} \text{ kJ/mol}))] - [\boxed{} \times (\boxed{} \text{ kJ/mol})] \\ &= [\boxed{} - \boxed{}] - (\boxed{}) \\ &= \boxed{} + \boxed{} \\ &= \boxed{} \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

d. Tentukan ΔH reaksi dengan rumus di atas:

$$\Delta H_{\text{reaksi}} = \Delta H^\circ_f \text{ hasil reaksi} - \Delta H^\circ_f \text{ pereaksi}$$

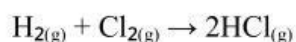
Jadi, untuk pembakaran 4 mol amonia dilepaskan kalor sebesar $\boxed{}$ kJ/mol. $\text{NO}_{2(\text{g})}$ dan $\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})}$ merupakan hasil reaksi, sedangkan $\text{NH}_{3(\text{g})}$ merupakan pereaksi. Nilai $\Delta H^\circ_f \text{O}_2$ tidak berpengaruh karena merupakan unsur bebas ($\Delta H^\circ_f = 0$).

C. Penentuan Perubahan Entalpi (ΔH) Berdasarkan Data Energi Ikatan

Reaksi kimia pada dasarnya terdiri dari dua proses yaitu proses pemutusan ikatan antar atom dari senyawa yang bereaksi dan proses penggabungan ikatan kembali dari atom-atom yang terlibat dalam reaksi sehingga membentuk susunan baru. Proses pemutusan ikatan merupakan proses yang memerlukan energi (kalor), sedangkan proses penggabungan ikatan adalah proses yang membebaskan energi (kalor).

Contoh:

Reaksi:



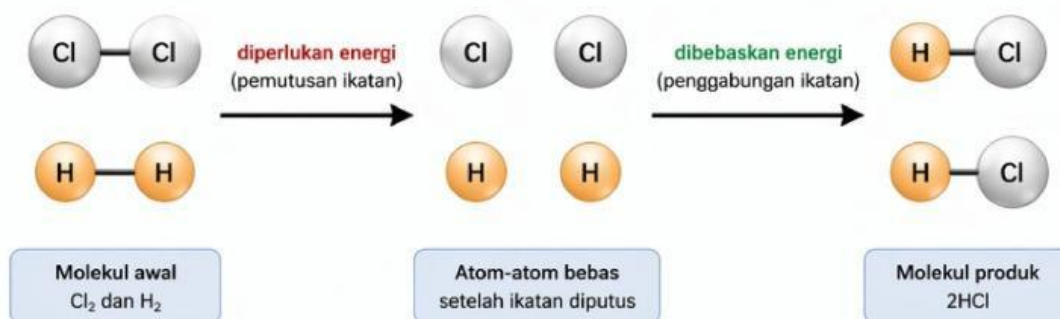
Tahap pertama:



Tahap kedua:



Reaksi Pembentukan HCl



Keterangan:



= Atom Klor (Cl)



= Atom Hidrogen (H)



= Ikatan kovalen

Berdasarkan penjelasan di atas, apa yang dimaksud dengan energi ikatan!

Jawaban:

1. Energi disosiasi ikatan (D)

Perhatikan contoh berikut:

- Energi disosiasi yang diperlukan untuk memutus ikatan C–H dari molekul CH_4 menjadi molekul CH_3 diperlukan energi sebesar 425 kJ/mol
- Energi disosiasi yang diperlukan untuk memutus ikatan C–H dari molekul CH_3 menjadi molekul CH_2 diperlukan energi sebesar 480 kJ/mol

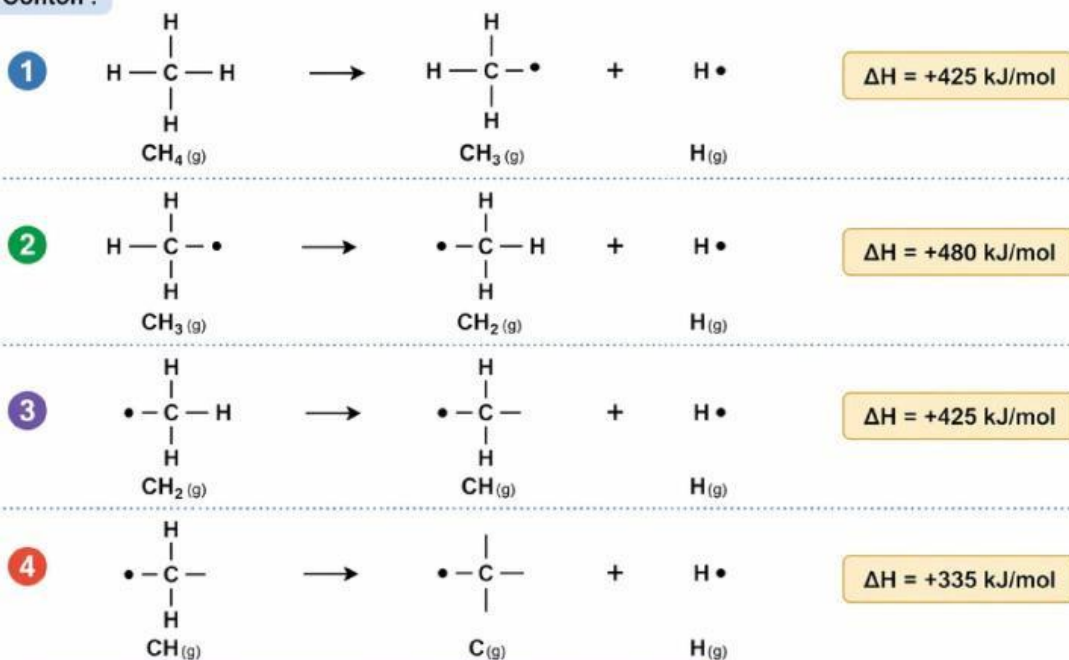
Berdasarkan contoh tersebut, coba jelaskan apa yang kamu pahami mengenai apa itu energi disosiasi!

Jawaban:

2. Energi ikatan rata-rata

Energi ikatan rata-rata adalah energi rata-rata yang diperlukan untuk memutus sebuah ikatan dari seluruh ikatan suatu molekul gas menjadi atom-atom gas.

Contoh :



Keterangan: • Menunjukkan elektron tidak berpasangan (radikal)
(g) Menunjukkan fase gas

Jika keempat reaksi tersebut dijumlahkan maka berapa besar energi yang diperlukan? dan berapa besar energi ikatan rata-rata dari ikatan C-H?

Jawaban:

Total energi yang diperlukan:

$$\Delta H \text{ total} = \boxed{} + \boxed{} + \boxed{} + \boxed{}$$

$$\Delta H \text{ total} = \boxed{} \text{ kJ/mol}$$

Jumlah ikatan C-H pada $\text{CH}_4 = \boxed{}$ ikatan

Energi ikatan rata-rata C-H:

$$\Delta H \text{ rata-rata} = \boxed{} / \boxed{}$$

$$\Delta H \text{ rata-rata} = \boxed{} \text{ kJ/mol}$$

Kesimpulan:

Energi total untuk memutus semua ikatan C-H pada CH_4 adalah $\boxed{}$ kJ/mol, dan energi ikatan rata-rata C-H sebesar $\boxed{}$ kJ/mol.

Tabel 7. Data energi ikatan rata-rata dari beberapa ikatan (kJ/mol):

Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)	Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)	Ikatan	Energi Ikatan (kJ/mol)
Br – F	237	Cl – F	253	N – Br	243
Br – Cl	218	Cl – Cl	243	O – H	464
Br – Br	193	F – F	159	O = O	142
C = C	348	H – F	565	O = O	498
C = C	611	H – Cl	431	O – F	190
C $\equiv$ C	837	H – Br	364	O – Cl	203
C – H	414	H – I	297	O – I	234
C – N	305	H – H	436	S – H	339
C = N	615	I – Cl	208	S – F	327
C – N	891	I – Br	175	S – Cl	253
C – O	360	I – I	151	S – Br	218
C = O	799	N – H	389	S – S	266
C $\equiv$ O	1072	N = N	163	S = S	418
C – F	485	N $\equiv$ N	418	S = O	323
C – Cl	339	N $\equiv$ N	946	Si – H	323
C – Br	276	N – O	222	Si – Si	226
C – I	240	N – F	272	Si – C	301
C – S	259	N – Cl	200	Si – O	368

Sumber : (Petrucci, R. H. 2017)

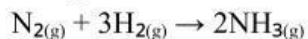
Harga energi ikatan rata-rata atau energi disosiasi ikatan dapat digunakan untuk memperkirakan harga perubahan entalpi suatu reaksi. Perubahan entalpi tersebut merupakan selisih energi yang digunakan untuk memutuskan ikatan dengan energi yang terjadi dari penggabungan ikatan. Berikut persamaannya:

$$\Delta H = \sum \text{Energi ikatan pereaksi} - \sum \text{Energi ikatan hasil}$$

Pindailah barcode (QR Code) yang tersedia untuk mengakses buku Kimia SMA sebagai sumber belajar



- a. Gunakan data energi ikatan untuk menentukan ΔH° dari reaksi fase gas antara hidrogen dan nitrogen membentuk amonia:



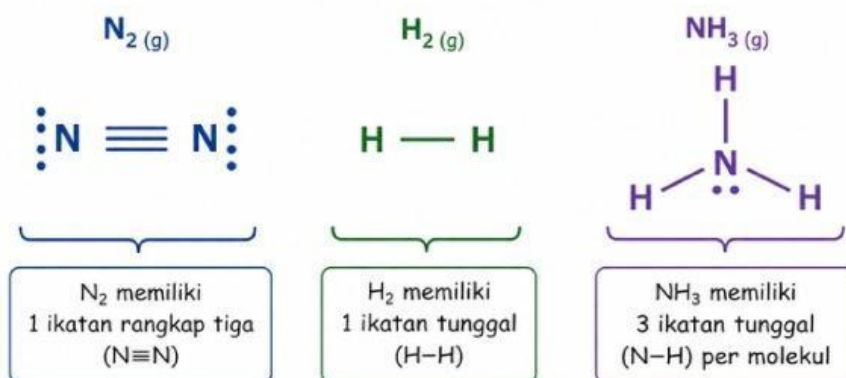
Diketahui data energi ikatan:

$$\text{N} \equiv \text{N} = 946 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H} - \text{H} = 435 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{N} - \text{H} = 390 \text{ kJ/mol}$$

Penyelesaian:



Karena reaksinya $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$, maka:

Ikatan yang putus = 1 $\text{N} \equiv \text{N}$ dan 3 $\text{H} - \text{H}$

Ikatan yang terbentuk = 6 $\text{N} - \text{H}$.

Ikatan yang putus (pereaksi):

$$\text{N} \equiv \text{N} = \boxed{} \times 946 \text{ kJ/mol}$$

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

Ikatan yang terbentuk (hasil reaksi):

$$\text{N} - \text{H} = \boxed{} \times 389 \text{ kJ/mol}$$

Kedua, tentukan ΔH dari reaksi tersebut.

$$\Delta H = \Sigma \text{ energi ikatan pereaksi} - \Sigma \text{ energi ikatan hasil}$$

$$\Delta H = (1 \times \boxed{} \text{N} \equiv \text{N} + 3 \times \boxed{} \text{H} - \text{H}) - (6 \times \boxed{} \text{N} - \text{H})$$

$$\Delta H = (\boxed{} + \boxed{}) - (\boxed{})$$

$$\Delta H = \boxed{} - \boxed{}$$

$$\Delta H = \boxed{} \text{ kJ}$$

Jadi, ΔH° reaksi pembentukan 1 mol NH_3 adalah $\boxed{}$ kJ

KESIMPULAN



Silahkan simpulkan materi pembelajaran hari ini berdasarkan hasil diskusi yang telah dilakukan!



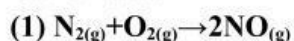


“untuk menguji pemahaman Ananda tentang Perubahan entalpi reaksi menggunakan hukum Hess, data entalpi pembentukan standar (ΔH_f°), dan energi ikatan maka kita akan mengerjakan latihan soal”

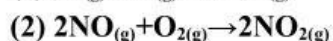
Latihan Soal 4

1. Dalam industri pupuk, nitrogen di udara diolah menjadi berbagai senyawa yang bermanfaat, salah satunya nitrogen dioksida (NO_2). Pembentukan NO_2 dapat berlangsung melalui beberapa tahap reaksi.

Diketahui data:

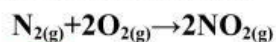


$$\Delta H = +180 \text{ kJ}$$



$$\Delta H = -114 \text{ kJ}$$

Tentukan ΔH reaksi:



A. -294 kJ

B. $+66 \text{ kJ}$

C. $+294 \text{ kJ}$

D. -66 kJ

E. $+114 \text{ kJ}$

2. Perhitungan perubahan entalpi reaksi dapat dilakukan secara akurat menggunakan data entalpi pembentukan standar, tanpa pendekatan atau pembulatan.

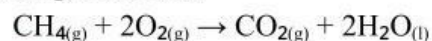
Diketahui data:

$$\Delta H_f^\circ \text{CO}_{2(g)} = -393 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}_{(l)} = -286 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CH}_{4(g)} = -75 \text{ kJ/mol}$$

Hitung ΔH reaksi:



A. -890 kJ

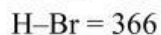
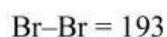
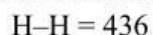
B. -802 kJ

C. -965 kJ

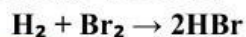
D. -75 kJ

E. -393 kJ

3. Diketahui energi ikatan (kJ/mol):



Hitung ΔH reaksi:



A. -103 kJ

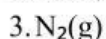
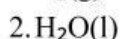
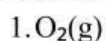
B. +103 kJ

C. -366 kJ

D. +366 kJ

E. -193 kJ

4. Perhatikan zat-zat berikut!



Berdasarkan definisi entalpi pembentukan standar, tentukan zat yang memiliki $\Delta H_f^\circ = 0$ dan jelaskan alasanmu!

5. Pilih jawaban yang paling tepat dari pilihan yang tersedia.

a. Jika semua koefisien dalam suatu persamaan reaksi dikalikan 2, maka nilai ΔH akan:
(tetap / menjadi setengahnya / menjadi dua kali lipat)

Jawaban:

b. Dalam menghitung ΔH reaksi menggunakan data ΔH_f° , yang harus dilakukan adalah:
(menjumlahkan semua ΔH_f° tanpa memperhatikan posisi zat / mengurangi jumlah ΔH_f° reaktan dari produk / hanya menjumlahkan ΔH_f° reaktan)

Jawaban:

c. Jika hasil perhitungan energi ikatan menunjukkan ΔH bernilai positif, maka hal ini berarti:
(energi dilepaskan / energi diserap / reaksi tidak terjadi)

Jawaban:

Kembali ke pendahuluan