

**TUTORIAL:**

**Termokimia**

(Bab 6)

1.

**Soal:** Suatu gas mengembang dalam volume dari 2,0 L menjadi 6,0 L pada suhu konstan. Hitunglah kerja yang dilakukan oleh gas jika mengembang (a) melawan vakum dan (b) melawan tekanan konstan sebesar 1,2 atm.

# Jawaban No. 1

**Strategi:** Sebuah sketsa sederhana dari situasi ini dapat membantu:

Gambar di bagian ini menunjukkan gas yang mengembang dari 2,0 L menjadi 6,0 L, dengan tekanan eksternal ( $P$ ) pada kondisi (a)  $P=0$  dan pada kondisi (b)  $P=1,2$  atm. Perubahan volume ( $\Delta V$ ) adalah  $(6,0 - 2,0)$  L = 4,0 L.

Kerja yang dilakukan dalam ekspansi gas sama dengan hasil kali dari tekanan luar yang melawan dan perubahan volume. Apa faktor konversi antara L·atm dan J?

# Jawaban No. 1

Penyelesaian:

(a) Karena tekanan eksternal adalah nol, tidak ada kerja yang dilakukan dalam ekspansi.

$$w = -P\Delta V = -(0)(6,0 - 2,0)L = 0$$

(b) Tekanan luar yang melawan adalah 1,2 atm, jadi:

$$w = -P\Delta V = -(1,2 \text{ atm})(6,0 - 2,0)L = -4,8L \cdot \text{atm}$$

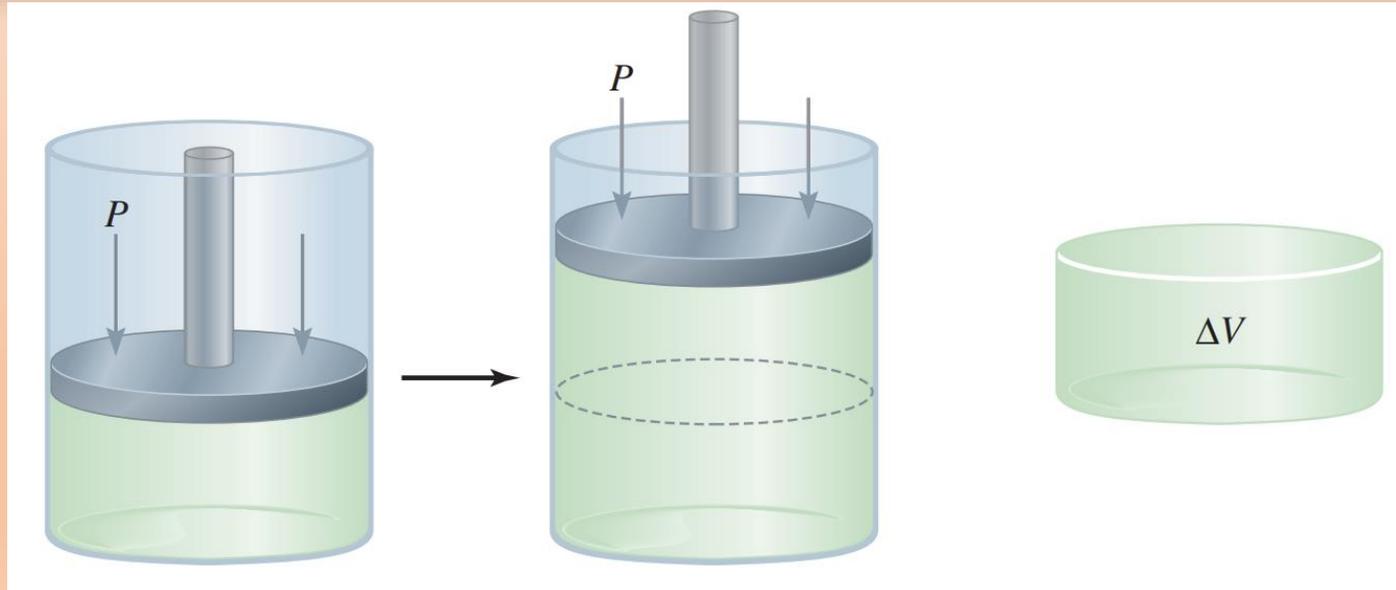
Untuk mengonversi jawaban ke joule, kita tulis:

$$w = -4,8L \cdot \text{atm} \times \frac{101,3J}{1L \cdot \text{atm}} = \boxed{-4,9 \times 10^2 J}$$

**Pengecekan:** Karena ini adalah ekspansi gas (kerja dilakukan oleh sistem pada lingkungan), maka kerja yang dilakukan memiliki tanda negatif.

## 2.

**Soal:** Kerja yang dilakukan ketika gas dikompresi dalam sebuah silinder seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.5 adalah 462 J. Selama proses ini, terdapat perpindahan panas sebesar 128 J dari gas ke lingkungan. Hitung perubahan energi untuk proses ini.



Gambar 6.5

## Jawaban No. 2

**Strategi:** Kompresi adalah kerja yang dilakukan pada gas, jadi apa tanda untuk  $w$ ? Panas dilepaskan oleh gas ke lingkungan. Apakah ini merupakan proses endotermik atau eksotermik? Apa tanda untuk  $q$ ?

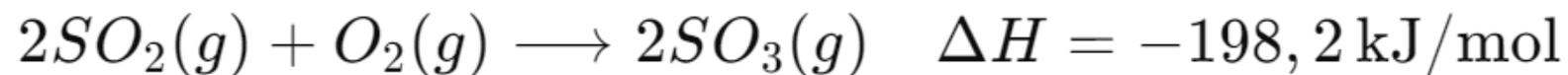
**Penyelesaian:** Untuk menghitung perubahan energi gas, kita membutuhkan Persamaan (6.1). Kerja kompresi adalah positif dan karena panas dilepaskan oleh gas,  $q$  adalah negatif. Oleh karena itu, kita memiliki:

$$\Delta E = q + w = -128J + 462J = \boxed{334J}$$

Sebagai hasilnya, energi gas meningkat sebesar 334 J.

3.

Soal: Diberikan persamaan termokimia:



Hitunglah panas yang dihasilkan ketika 87,9 g  $SO_2$  (massa molar = 64,07 g/mol) dikonversi menjadi  $SO_3$ .

## Jawaban No. 3

**Strategi:** Persamaan termokimia menunjukkan bahwa untuk setiap 2 mol  $SO_2$  yang bereaksi, dilepaskan 198,2 kJ panas (perhatikan tanda negatifnya). Oleh karena itu, faktor konversinya adalah:

$$\frac{-198,2 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } SO_2}$$

Berapa banyak mol  $SO_2$  yang terdapat dalam 87,9 g  $SO_2$ ? Apa faktor konversi antara gram dan mol?

## Jawaban No. 3

**Penyelesaian:** Kita perlu terlebih dahulu menghitung jumlah mol  $SO_2$  dalam 87,9 g senyawa tersebut dan kemudian menemukan jumlah kilojoule yang dihasilkan dari reaksi eksotermik. Urutan konversi adalah sebagai berikut:

gram  $SO_2$   $\longrightarrow$  mol  $SO_2$   $\longrightarrow$  kilojoule panas yang dihasilkan

Oleh karena itu, perubahan entalpi untuk reaksi ini diberikan oleh:

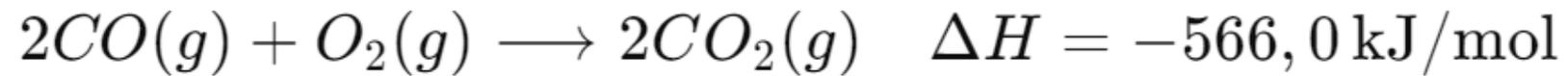
$$\Delta H = 87,9 \text{ g } SO_2 \times \frac{1 \text{ mol } SO_2}{64,07 \text{ g } SO_2} \times \frac{-198,2 \text{ kJ}}{2 \text{ mol } SO_2} = \boxed{-136 \text{ kJ}}$$

dan panas yang dilepaskan ke lingkungan adalah 136 kJ.

**Pengecekan:** Karena 87,9 g kurang dari dua kali massa molar  $SO_2$  ( $2 \times 64,07 \text{ g}$ ) seperti yang ditunjukkan dalam persamaan termokimia sebelumnya, kita mengharapkan panas yang dilepaskan lebih kecil dari 198,2 kJ.

4.

**Soal:** Hitung perubahan energi internal ketika 2 mol CO dikonversi menjadi 2 mol CO<sub>2</sub> pada 1 atm dan 25°C:



## Jawaban No. 4

**Strategi:** Kita diberikan perubahan entalpi,  $\Delta H$ , untuk reaksi tersebut dan diminta untuk menghitung perubahan energi internal,  $\Delta E$ . Oleh karena itu, kita memerlukan Persamaan (6.10). Apa perubahan jumlah mol gas?  $\Delta H$  diberikan dalam kilojoule, jadi satuan apa yang harus kita gunakan untuk  $R$ ?

## Jawaban No. 4

**Penyelesaian:** Dari persamaan kimia, kita melihat bahwa 3 mol gas dikonversi menjadi 2 mol gas sehingga:

$$\Delta n = \text{jumlah mol gas produk} - \text{jumlah mol gas reaktan} = 2 - 3 = -1$$

Dengan menggunakan  $R = 8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$  dan  $T = 298 \text{ K}$  dalam Persamaan (6.10), kita tulis:

$$\Delta E = \Delta H - RT\Delta n = -566,0 \text{ kJ/mol} - (8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}) \left( \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \right) (298 \text{ K})(-1) = \boxed{-563,5 \text{ kJ/mol}}$$

# Jawaban No. 4

**Pengecekan:** Dengan mengetahui bahwa sistem gas yang bereaksi mengalami kompresi (dari 3 mol menjadi 2 mol), apakah masuk akal bahwa  $\Delta H > \Delta E$  dalam besaran?

**Jawaban:** Ya, masuk akal bahwa  $\Delta H$  lebih besar dari  $\Delta E$  dalam besaran. Ini karena dalam proses kompresi, terjadi penurunan volume gas, yang berarti kerja dilakukan pada gas. Ketika kerja dilakukan pada sistem, energi internal  $\Delta E$  mungkin meningkat. Namun, perubahan entalpi  $\Delta H$  juga mencakup perubahan dalam energi internal serta kerja yang dilakukan akibat tekanan dan volume, sehingga biasanya  $\Delta H > \Delta E$  dalam situasi ini.

Perbedaan antara  $\Delta H$  dan  $\Delta E$  terletak pada istilah  $P\Delta V$  (tekanan kali perubahan volume). Dalam kompresi, volume menurun, sehingga  $\Delta H$  akan lebih besar daripada  $\Delta E$ .

5.

**Soal:** Reaksi termit melibatkan aluminium dan besi(III) oksida



Reaksi ini sangat eksotermik dan besi cair yang terbentuk digunakan untuk mengelas logam.

Hitunglah panas yang dilepaskan dalam kilojoule per gram Al yang bereaksi dengan  $Fe_2O_3$ .  $\Delta H_f^\circ$  untuk Fe(l) adalah 12,40 kJ/mol.

# Jawaban No. 5

**Strategi:** Entalpi suatu reaksi adalah selisih antara jumlah entalpi produk dan jumlah entalpi reaktan. Entalpi masing-masing spesies (reaktan atau produk) diberikan oleh koefisien stoikiometriknya dikalikan dengan entalpi pembentukan standar dari spesies tersebut.

**Penyelesaian:** Menggunakan nilai  $\Delta H_f^\circ$  yang diberikan untuk Fe(l) dan nilai  $\Delta H_f^\circ$  lainnya dalam Lampiran 3 dan Persamaan (6,18), kita menulis:

$$\begin{aligned}\Delta H_{rxn}^\circ &= [\Delta H_f^\circ(Al_2O_3) + 2\Delta H_f^\circ(Fe)] - [2\Delta H_f^\circ(Al) + \Delta H_f^\circ(Fe_2O_3)] \\ &= [(-1669,8 \text{ kJ/mol}) + 2(12,40 \text{ kJ/mol})] - [2(0) + (-822,2 \text{ kJ/mol})] \\ &= -822,8 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Ini adalah jumlah panas yang dilepaskan untuk dua mol Al yang bereaksi. Kita menggunakan rasio berikut:

$$\frac{-822,8 \text{ kJ}}{2 \text{ mol Al}}$$

## Jawaban No. 5

untuk mengonversi ke kJ/g Al. Massa molar Al adalah 26,98 g, jadi:

$$\begin{aligned} \text{panas yang dilepaskan per gram Al} &= \frac{-822,8 \text{ kJ}}{2 \text{ mol Al}} \times \frac{1 \text{ mol Al}}{26,98 \text{ g Al}} \\ &= \boxed{-15,25 \text{ kJ/g}} \end{aligned}$$

**Pengecekan:** Apakah tanda negatif konsisten dengan sifat eksotermik reaksi ini? Sebagai pemeriksaan cepat, kita lihat bahwa 2 mol Al memiliki berat sekitar 54 g dan melepaskan sekitar 823 kJ panas ketika bereaksi dengan  $Fe_2O_3$ . Oleh karena itu, panas yang dilepaskan per gram Al yang bereaksi adalah sekitar  $-830 \text{ kJ}/54 \text{ g}$  atau  $-15,4 \text{ kJ/g}$ .

**SELESAI**