

Kegiatan Belajar 2

Hukum Pertama Termodinamika

Amati kejadian-kejadian berikut:

- Apa yang terjadi bila anda memanaskan ceret yang berisi air? Airnya menjadi panas dan akhirnya tutup ceret itu terangkat ke atas.
- Anda makan bakso cukup banyak, maka tubuh anda menjadi panas, dan akhirnya anda berdiri untuk berjalan.
- Anda memanaskan botol yang ditutupnya dipasang balon kempes. Pelan-pelan udara dalam botol menjadi panas, dan balon pelan-pelan berkembang dan berdiri tegak.

Dari contoh-contoh di atas, ternyata kalau kita memberikan panas pada suatu sistem, sistem itu bertambah panas dan akhirnya melakukan usaha/kerja. Dengan kata lain panas yang diberikan digunakan untuk menaikkan energi dalam sistem itu dan melakukan usaha. Itulah yang akhirnya dinamai Hukum Termodinamika I.

Jelas Hukum Termodinamika I menjelaskan prinsip kekekalan energi. Secara singkat diungkapkan bahwa:

- Jumlah energi yang diberikan pada suatu sistem sama dengan perubahan energi dalam dan kerja yang dilakukan sistem itu.
- Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya bisa diubah bentuknya saja (Cengel & Tuerner, 2005: 158).

Ini dapat dirumuskan sebagai:

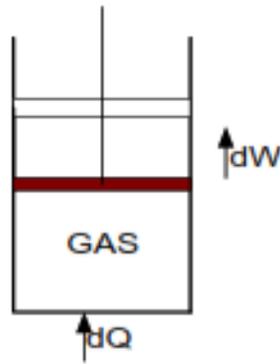
$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

Panas yang diberikan (ΔQ) digunakan untuk melakukan kerja (ΔW) dan perubahan energi dalam (ΔU).

Ambil contoh silinder (gambar 3.6) berikut. Pada silinder diberi tambahan panas ΔQ , akibatnya gas dalam silinder memberikan tekanan dan menggerakkan piston ke atas (melakukan kerja) sebesar ΔW . Bila ΔQ makin besar, maka ΔW juga makin besar. Namun

$(\Delta Q - \Delta W)$ selalu konstan. Inilah energi dalam ΔU . Sehingga $\Delta Q - \Delta W = \Delta U$. Atau dapat ditulis sebagai:

$$\Delta Q = \Delta W + \Delta U$$

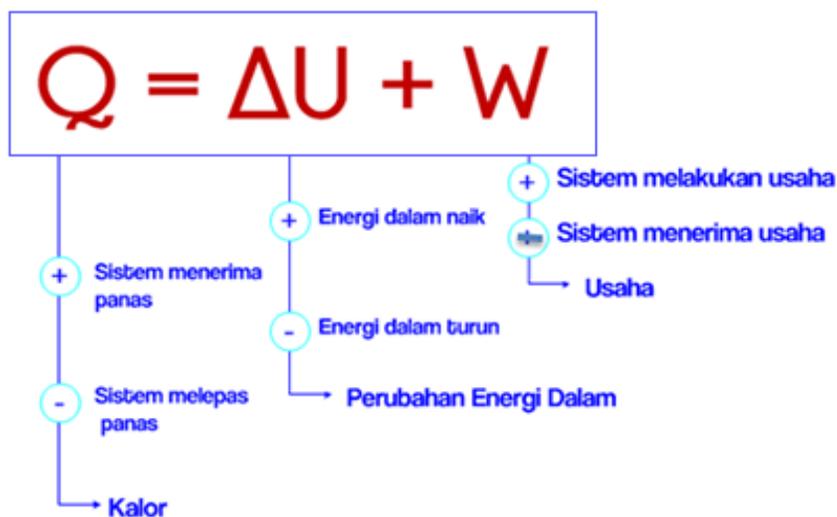


Gambar 3.6 Hukum Termodinamika I

Ada beberapa keentuan yang harus diperhatikan saat menggunakan persamaan dari hukum pertama termodinamika. Ketentuan tersebut adalah:

- ΔQ bertanda positif (+) jika sistem menyerap kalor; negatif (-) bila sistem melepas kalor
- ΔW bertanda positif (+) jika sistem melakukan kerja; negatif (-) bila sistem diberikan kerja
- ΔU bertanda positif (+) jika sistem mengalami kenaikan suhu; negatif (-) jika sistem mengalami penurunan suhu.

Untuk lebih jelas, perhatikan diagram berikut ini:



Beberapa kemungkinan berlakunya Hukum Termodinamika I:

a) Proses adiabatik ($\Delta Q = 0$)

Pada proses ini tidak ada perubahan energi dari luar. Maka persamaan termodinamika I menjadi: $\Delta Q = \Delta W + \Delta U = 0$ atau $\Delta W = -\Delta U$. Artinya, kerja yang dilakukan mengambil energi dari energi dalam. Contohnya, kalau kita kerja terus tanpa ada tambahan energi dari luar, maka badan kita akan capai karena energi dalam tubuh kita berkurang untuk kerja.

b) Proses isokhorik ($\Delta V = 0$)

Pada proses ini tidak ada perubahan volume gas, maka $\Delta V = 0$. Akibatnya $W = P \cdot \Delta V = 0$. Maka persamaan termodinamika 1 menjadi: $\Delta Q = \Delta W + \Delta U = 0 + \Delta U = \Delta U$. Sehingga didapatkan $\Delta Q = \Delta U$. Ini berarti semua panas yang diserap sistem digunakan untuk perubahan energi dalam. Contohnya, kalau kita makan terus (menambah energi) dan tidak melakukan kerja, maka kita menjadi panas (energi dalam bertambah).

c) Proses isothermal ($\Delta T = 0$)

Oleh karena $\Delta T = 0$, maka $\Delta U = 0$ juga. Akibatnya persamaan termodinamika 1 menjadi: $\Delta Q = \Delta W + \Delta U = \Delta W$. Atau $\Delta Q = \Delta W$. Ini berarti semua tambahan energi dari luar digunakan untuk kerja. Contohnya, bila kita makan terus dan seluruh energi itu digunakan untuk bekerja, maka tubuh kita tetap tidak berkembang.

d) Proses isobarik ($\Delta P = 0$)

Dalam proses ini tekanan tidak berubah. Oleh karena $\Delta P = 0$, maka $\Delta W = P \cdot \Delta V = P (V_2 - V_1)$. Sehingga persamaan termodinamika 1 menjadi: $\Delta Q = \Delta W + \Delta U = \Delta U + P (V_2 - V_1)$ atau $\Delta Q = \Delta U + P \Delta V$.

Contoh Soal:

1. Dalam suatu proses, suatu sistem menyerap 500 kalori panas dan melakukan kerja 100 Joule. Berapa pertambahan energi dalamnya bila tidak terjadi kebocoran?

Jawab:

$$\Delta Q = 500 \text{ kalori} = 500 \times 4,2 \text{ joule} = 2100 \text{ joule};$$

$$W = 1000 \text{ joule.}$$

$$\text{Hukum Termodinamika I: } \Delta Q = W + \Delta U$$

$$\text{Sehingga } \Delta U = \Delta Q - W = 2100 \text{ joule} - 1000 \text{ joule} = 1100 \text{ joule.}$$

2. Berdasarkan hukum termodinamika I, apa yang akan terjadi bila seseorang itu bekerja terus menerus tetapi tidak ada masukan energi dari luar? Jelaskan!

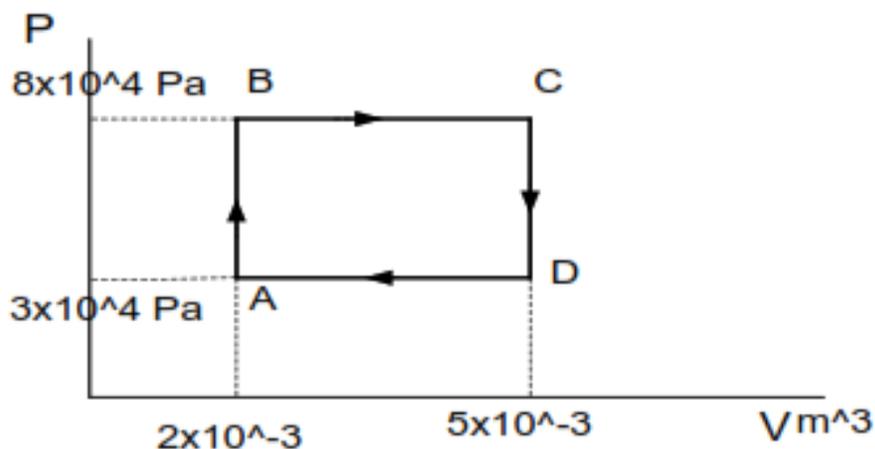
Jawab:

Hukum termodinamika I mengatakan: $\Delta Q = W + \Delta U$.

Orang itu tidak menerima energi dari luar, maka $\Delta Q = 0$, sehingga $0 = W + \Delta U$ atau $W = -\Delta U$.

Artinya energi dalam orang itu yang digunakan untuk bekerja, sehingga lama kelamaan kehabisan energi dalam. Maka orang itu akan menjadi lemas atau bahkan akan sakit.

3. Suatu proses termodinamika digambarkan sebagai berikut! Dalam proses AB, panas sebesar 600 J ditambahkan. Dalam proses BD, ditambahkan panas 200 J.



Hitunglah:

- Penambahan energi dalam pada proses AB?
- Perubahan energi dalam pada proses ABD?
- Panas yang ditambahkan pada proses ACD?

Jawab:

- a. Pada proses AB: volume tetap, maka $\Delta W = 0$. sehingga:

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W = \Delta Q$$

$$\Delta U = 600 \text{ Joule.}$$

b. Pada proses ABD

Proses AB dan CD adalah proses isokhorik atau volume tetap, maka $W_{AB} = W_{CD} = 0$.

Proses BC adalah isobaric, maka:

$$W = p \cdot \Delta V$$

$$W = (8 \times 10^4 \text{ Pa}) (3 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = 240 \text{ Joule.}$$

Kerja untuk seluruh ABD adalah:

$$\begin{aligned} W_{ABD} &= W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} \\ &= 0 + 240 \text{ Joule} + 0 \\ &= 240 \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\Delta U = \Delta Q - \Delta W = (600 \text{ J} + 200 \text{ J}) - (240 \text{ J}) = 560 \text{ Joule.}$$

c. Mencari panas total yang ditambah pada proses ACD :

$$\Delta U \text{ pada ABD} = \Delta U \text{ pada ACD} = 560 \text{ J.}$$

Kerja keseluruhan adalah:

$$\begin{aligned} W_{ACD} &= p \cdot \Delta V \\ &= (3 \times 10^4 \text{ Pa}) (3 \times 10^{-3} \text{ m}^3) = 90 \text{ Joule.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } \Delta Q \text{ yang ditambahkan} &= \Delta U + W_{ACD} \\ &= 560 \text{ J} + 90 \text{ J} \\ &= 650 \text{ Joule.} \end{aligned}$$

RANGKUMAN

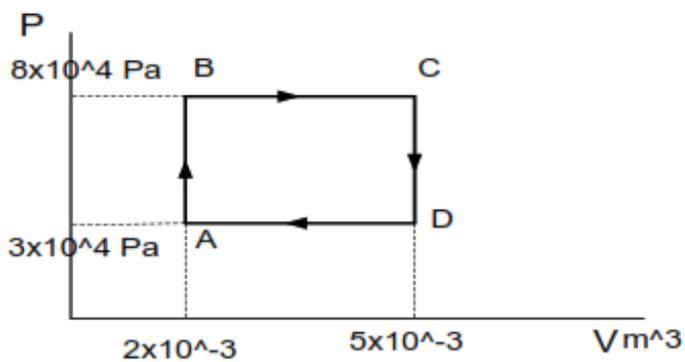
Hukum pertama termodinamika merupakan salah satu contoh hukum kekekalan energi. Artinya, energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan. Energi hanya dapat berubah dari bentuk satu ke bentuk lainnya. Hukum I termodinamika menyatakan bahwa untuk setiap proses apabila kalor (Q) diberikan kepada sistem dan sistem melakukan usaha (W), maka akan terjadi perubahan energi dalam (ΔU).

Apabila sistem menerima kalor dari lingkungan ($Q+$) dan sistem melakukan usaha ($W+$). Dan bila sistem melepas kalor ke lingkungan ($Q-$) dan sistem dilakukan usaha ($W-$).

LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

1. Anda memasukkan kaleng yang bersuhu tinggi ke dalam air yang dingin. Apa yang akan terjadi dengan kaleng tersebut? Jelaskan dengan menggunakan hukum termodinamika I?
2. Gas ideal dalam tabung melakukan kerja dalam proses isobarik dari $V_1 = 2 \text{ m}^3$ menjadi $V_2 = 7 \text{ m}^3$. Tekanannya 3 atm. Hitunglah besarnya kerja yang dilakukan?
3. Suatu proses termodinamik digambarkan sebagai grafik berikut! Dalam proses AB, panas sebesar 600 Joule ditambahkan. Dalam proses BD, ditambahkan panas 200 Joule.



Hitunglah perubahan energi dalam pada proses ABCD!

DAFTAR PUSTAKA

Cengel & Turner. (2005). Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences. Boston: McGraw-Hill Higher Education.

Cengel & Boles. (2006). Thermodynamics, An Engineering Approach. Boston: McGraw Hill Higher Education.

Giancoli, D.C. (2004). Physics volume I. New Jersey: Prentice Hall

Halliday, D., Resnick, R. (1997). Physics, terjemahan: Patur Silaban dan Erwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.

Tipler, P.A. (1998). Fisika untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Erlangga.

Serway, R. (1990). Physics for Scientists & Engine

Suparno, P. (2011). Pengantar Termodinamika. Yogyakarta: USD.