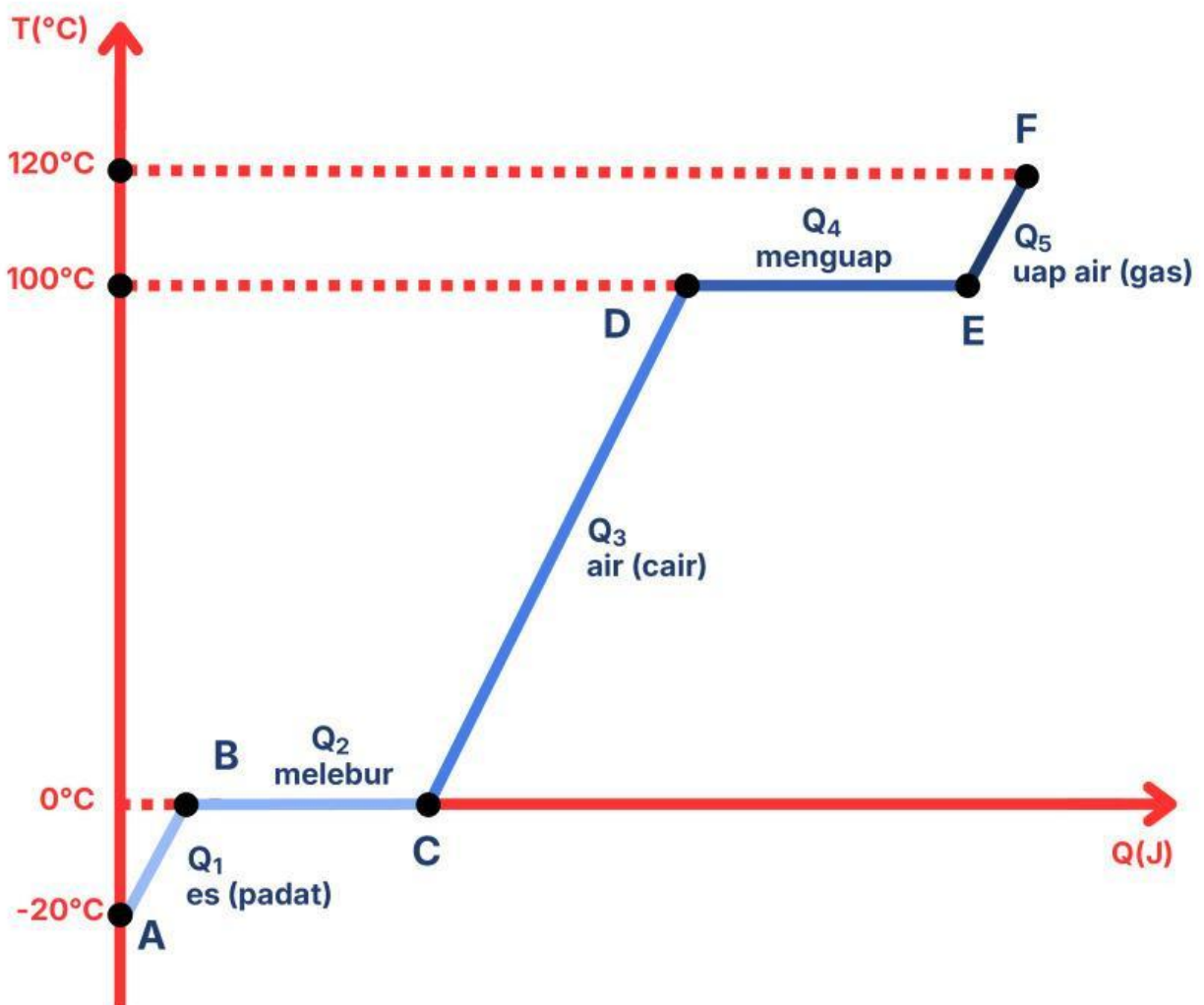


Air dapat berubah wujud tergantung pada suhunya. Pada suhu -20°C , air berwujud padat (es). Ketika dipanaskan, suhu es akan naik hingga mencapai 0°C . Pada suhu 0°C , es mulai mencair dan berubah menjadi air. Setelah seluruh es menjadi air, pemanasan yang terus dilakukan akan menaikkan suhu air dari 0°C hingga 100°C . Pada suhu 100°C , air mulai mendidih dan berubah menjadi uap. Jika pemanasan masih dilanjutkan, suhu uap dapat meningkat lagi, misalnya hingga 120°C .

Proses perubahan suhu dan perubahan wujud air tersebut dapat diamati melalui grafik pemanasan berikut.



Proses A – B (Q_1)

A – B merupakan kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu es dari suhu di bawah 0°C hingga mencapai 0°C .

Pada proses ini, es masih berwujud padat dan belum mengalami perubahan wujud. Kalor yang diberikan hanya menyebabkan kenaikan suhu es sampai titik leburnya.

$$Q = mc_{es}\Delta T$$

$$Q = mc_{es}(T_B - T_A)$$

Proses B – C (Q_2)

B – C merupakan kalor yang digunakan untuk mengubah es menjadi air pada suhu 0°C .

Pada proses ini, suhu zat tetap karena kalor yang diberikan digunakan untuk mengubah wujud zat dari padat menjadi cair, bukan untuk menaikkan suhu.

$$Q = mL_b$$

Proses C – D (Q_3)

C – D merupakan kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu air dari 0°C hingga 100°C .

Pada proses ini, air tetap berwujud cair dan belum mengalami perubahan wujud. Kalor yang diberikan menyebabkan kenaikan suhu air sampai mencapai titik didihnya.

$$Q = mc_{air}\Delta T$$

$$Q = mc_{air}(T_D - T_C)$$

Proses D – E (Q_4)

D – E merupakan kalor yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap air pada suhu 100°C .

Pada proses ini, suhu zat tidak berubah karena kalor yang diberikan digunakan untuk mengubah wujud zat dari cair menjadi gas.

$$Q = mL_u$$

Proses E – F (Q_5)

E – F merupakan kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu uap air dari 100°C ke atas.

Pada proses ini, zat sudah berwujud gas dan kalor yang diberikan hanya menyebabkan kenaikan suhu uap air, tanpa perubahan wujud.

$$Q = mc_{uap}\Delta T$$

$$Q = mc_{uap}(T_F - T_E)$$

Pada proses pemanasan dari titik A hingga F, zat mengalami beberapa tahap perubahan suhu dan perubahan wujud. Oleh karena itu, kalor total yang dibutuhkan merupakan jumlah kalor pada setiap tahap proses.

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Q = Kalor yang dibutuhkan saat peleburan (J)

m = Massa (kg)

c_{es} = Kalor jenis es ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

c_{air} = Kalor jenis air ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

c_{uap} = Kalor jenis uap ($\text{J/kg}^\circ\text{C}$)

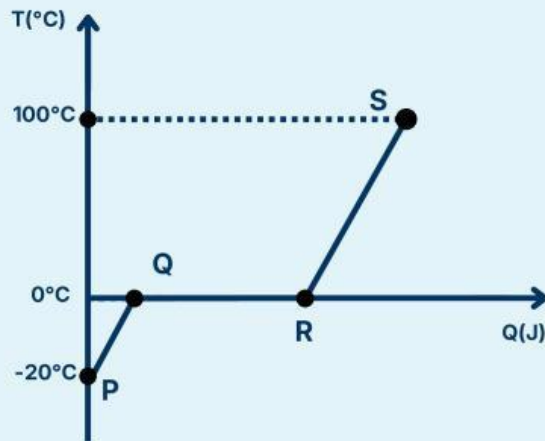
L_b = Kalor lebur (J/kg)

L_u = Kalor uap (J/kg)

ΔT = Perubahan suhu ($^\circ\text{C}$)

CONTOH SOAL

1. Perhatikan grafik pemanasan 1 kg es berikut!



Diketahui kalor jenis es sebesar $2.100 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, kalor lebur es sebesar 336.000 J/kg , dan kalor jenis air sebesar $4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$. Berdasarkan grafik pemanasan yang di atas, tentukan besar kalor yang dibutuhkan selama proses P–Q–R berlangsung.

Pembahasan:

Diketahui:

$$m_{es} = 1 \text{ kg}$$

$$c_{air} = 2.100 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

$$L_b = 336.000 \text{ J/kg}$$

$$c_{es} = 4.200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

Ditanya: $Q_{PQR} = \dots ?$

Jawab:

$$\begin{aligned} Q_{PQ} &= m_{es} c_{es} \Delta T \\ &= 1 \times 2.100 \times (0 - (-5)) \\ &= 1 \times 2.100 \times 5 \\ &= 10.500 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{PQ} &= m_{es} L \\ &= 1 \times 336.000 \\ &= 336.000 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{PQR} &= Q_{PQ} + Q_{QR} \\ &= 10.500 + 336.000 \\ &= 346.500 \text{ J} \end{aligned}$$

6

ASAS BLACK

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai peristiwa perpindahan kalor. Misalnya, saat mencampurkan air panas dengan air dingin. Ketika kedua air tersebut dicampur, air panas akan menjadi lebih dingin, sedangkan air dingin menjadi lebih hangat hingga akhirnya mencapai suhu yang sama. Peristiwa ini terjadi karena adanya perpindahan kalor dari benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah.

ASAS BLACK



Fenomena tersebut dipelajari oleh seorang ilmuwan asal Skotlandia bernama Joseph Black (1728–1799). Berdasarkan hasil penelitiannya, Joseph Black menyatakan bahwa:

"Banyaknya kalor yang dilepaskan oleh benda bersuhu tinggi sama dengan banyaknya kalor yang diterima oleh benda bersuhu rendah."

Pernyataan ini dikenal sebagai **Asas Black**.

Asas Black merupakan penerapan dari hukum kekekalan energi, yaitu energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi hanya dapat berpindah atau berubah bentuk.

Asas Black secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}Q_{lepas} &= Q_{terima} \\m_1 c_1 \Delta T_1 &= m_2 c_2 \Delta T_2 \\m_1 c_1 (T_1 - T_c) &= m_2 c_2 (T_c - T_2)\end{aligned}$$

m_1 = Massa benda 1 yang suhunya lebih tinggi (kg)

m_2 = Massa benda 2 yang suhunya lebih rendah (kg)

c_1 = Kalor jenis benda 1 (J/kg°C)

c_2 = Kalor jenis benda 2 (J/kg°C)

T_1 = Suhu mula-mula benda 1 (°C)

T_2 = Suhu mula-mula benda 2 (°C)

T_c = Suhu akhir atau suhu campuran (°C)

Notes!!

Ketika dua benda dengan suhu berbeda saling bersentuhan atau dicampurkan, kalor akan mengalir dari benda yang bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Perpindahan kalor ini berlangsung hingga kedua benda mencapai suhu yang sama. Keadaan saat kedua benda memiliki suhu yang sama dan tidak terjadi perpindahan kalor lagi disebut **keseimbangan termal**.

CONTOH SOAL

1. Pak Salim menyiapkan es jeruk untuk istrinya dalam suatu wadah. Ia mencampur 0,5 kg es yang bersuhu -5°C dengan 1 kg air jeruk yang suhunya 20°C . Apabila pertukaran kalor hanya terjadi pada kedua benda, kalor jenis es sebesar $2.100 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ dan kalor jenis air sebesar $4.200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$ berapa suhu akhir minimum tersebut?

Pembahasan:

Diketahui:

$$m_{es} = 0,5 \text{ kg}$$

$$C_{es} = 2.100 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{es} = -5^{\circ}\text{C}$$

$$m_{air} = 1 \text{ kg}$$

$$C_{air} = 4.200 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$T_{air} = 20^{\circ}\text{C}$$

Ditanya: T_c ?

Jawab:

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

$$m_{air}C_{air}(T_{air}-T_c) = m_{es}C_{es}(T_c-T_{es})$$

$$1 \times 4.200 \times (20 - T_c) = 0,5 \times 2.100 \times (T_c - (-5))$$

$$4.200 \times (20 - T_c) = 1050 \times (T_c + 5)$$

$$80 \times T_c = T_c + 5$$

$$9T_c = 75$$

$$T_c = \frac{75}{9} = 8,33^{\circ}\text{C}$$

RANGKUMAN

- Kalor adalah energi panas yang berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda bersuhu lebih rendah hingga tercapai keseimbangan termal.
- Dalam Sistem Internasional (SI), kalor dinyatakan dalam satuan joule (J), sedangkan dalam kehidupan sehari-hari juga digunakan satuan kalori, dengan hubungan 1 kalori = 4,2 joule.
- Jika suatu zat menerima kalor dan tidak mengalami perubahan wujud, maka kalor tersebut digunakan untuk menaikkan suhu zat. Sebaliknya, jika zat melepaskan kalor, suhu zat akan menurun.
- Banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu benda dipengaruhi oleh massa (m), kalor jenis (c), dan perubahan suhu (ΔT), yang dirumuskan:

$$Q = mc\Delta t$$

- Kapasitas kalor adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar 1°C , dengan persamaan:

$$C = \frac{Q}{\Delta t}$$

- Kalor jenis adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1°C , dengan hubungan:

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

- Perubahan wujud zat terjadi karena zat menyerap atau melepaskan kalor. Selama perubahan wujud berlangsung, suhu zat tetap karena kalor digunakan untuk mengubah wujud, bukan menaikkan suhu.
- Proses yang menyerap kalor adalah mencair, menguap, dan menyublim. Proses yang melepaskan kalor adalah membeku, mengembun, dan mengkristal.
- Kalor laten adalah kalor yang diperlukan untuk mengubah wujud zat tanpa mengubah suhunya, dengan persamaan:

$$Q = mL$$

- Pada proses pemanasan zat dari padat hingga gas, kalor total yang dibutuhkan merupakan jumlah seluruh kalor pada setiap tahap perubahan suhu dan perubahan wujud, yaitu:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

- Asas Black menyatakan bahwa banyaknya kalor yang dilepaskan sama dengan banyaknya kalor yang diterima, dirumuskan:

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$

- Perpindahan kalor antara dua benda akan berlangsung sampai tercapai suhu yang sama, yang disebut keseimbangan termal.