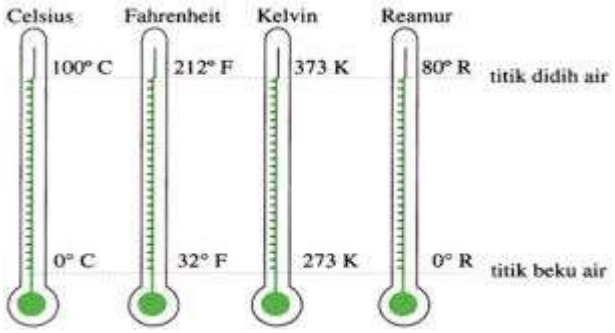
SUHU DAN KALOR

A. Suhu

Suhu adalah ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suatu suhu sebuah benda.



Hubungan keempat termometer di atas dapat dituliskan :

$$\frac{^0C}{100} = \frac{^0R}{80} = \frac{^0F - 32}{180} = \frac{^0K - 273}{100} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

<u>Contoh soal</u>

Sebuah termometer menunjukkan angka 40^0C. Jika dinyatakan dalam skala Fahrenheit adalah ....

Jawab:

Diketahui: suhu 40^0C

Ditanya : nilai suhu dalam skala Fahrenheit?

Penyelesaian:

$$\frac{^0C}{100} = \frac{^0F - 32}{180}$$

Dari persamaan diatas, maka

$$\frac{^0C}{100} = \frac{^0F - 32}{180}$$

$$\frac{40^0}{5} = \frac{^0F - 32}{9}$$

$$8 = \frac{^0F - 32}{9}$$

$$72 = ^0 F - 32$$

$$^0F = 72 + 32$$

$$^0F = 104^0$$

Jadi, bila pada skala Celsius 40^0, maka pada skala Fahrenheit terbaca 104^0.

Kerjakan Soal Berikut:

<u>Soal Pertama:</u>

Berdasarkan pengukuran termometer A, titik beku air 20^0A dan titik air mendidih 200^0A. Suatu benda diukur suhunya menggunakan termometer A menunjukkan angka 29^0A. Berapakah suhu benda apabila diukur menggunakan termometer Celsius, Reamur, dan Fahrenheit?

<u>Zat Pengisi Termometer</u>

Nilai suhu benda yang diukur menggunakan termometer tabung ditunjukkan oleh skala pada termometer. Perubahan suhu pada skala dapat dilihat dengan naiknya zat cair pengisi termometer tersebut. Termometer yang mudah ditemui yaitu termometer yang berisi alkohol dan termometer yang berisi air raksa.

Kelebihan raksa sebagai zat pengisi termometer:

1. Raksa cepat mengambil kalor dari benda yang diukur sehingga proses pengukuran suhu dapat dilakukan lebih cepat atau dengan kata lain raksa cepat memuai.
2. Raksa memiliki jangkauan pengukuran yang besar. Alasannya karena tiitk beku raksa -39^0C dan titik didihnya 357^0C.
3. Raksa tidak membasahi dinding tabung sehingga proses pengamatan suhu tidak terganggu dan hasil pengukurannya menjadi lebih akurat.
4. Pemuaian raksa teratur (linear) terhadap kenaikan suhu.
5. Raksa mengilap sehingga mudah dilihat.

Kekurangan raksa sebagai zat pengisi termometer:

1. Harganya mahal.
2. Raksa termasuk zat beracun sehingga berbahaya jika tabungnya pecah.
3. Raksa tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu sangat rendah kurang dari -39^0C.

Adapun kelebihan alkohol sebagai pengisi termometer sebagai berikut.

1. Alkohol segera mengambil kalor dari benda yang diukur walaupun tidak secepat raksa.
2. Memiliki jangkauan pengukuran suhu yang besar karena titik beku alkohol -144^0C.
3. Pemuaian alkohol bersifat teratur (linear) terhadap kenaikan suhu.
4. Lebih ekonomis karena harganya lebih murah dibandingkan dengan raksa.

Kekurangan alkohol sebagai pengisi termometer sebagai berikut.

1. Titik didih alkohol rendah yaitu 78^0C.
2. Alkohol membasahi dinding tabung.
3. Alkohol tidak berwarna sehingga perlu diberi warna agar mudah dibaca.

B. Pemuaian Benda

Memuai artinya bertambah panjang, luas, atau volume suatu benda karena pengaruh kalor yang diterima. Jika benda menyerap kalor, benda akan memuai. Besar pemuaian benda tergantung pada tiga hal yaitu jenis benda, ukuran semula, dan perubahan suhu yang diterima benda. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, cair, dan zat gas.

1. Pemuaian pada zat padat

Zat padat dapat mengalami pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume.

a. Muai panjang

Muai panjang didefinisikan sebagai pertambahan panjang benda sebesar satu satuan panjang dengan kenaikan suhu satuan suhu. Persamaan yang berlaku pada pemuaian panjang sebagai berikut:

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$
$$L = L_0 + \Delta L$$

Keterangan:
L = panjang benda setelah dipanaskan (m)
L_0 = panjang benda mula – mula (m)
α = koefisien muai panjang benda (/^{0}C)
ΔL = pertambahan panjang benda (m)
ΔT = perubahan suhu benda (^{0}C)

b. Muai luas

Benda padat yang mengalami muai luas biasanya berupa pelat atau lembaran. Saat dipanaskan, panjang dan lebar benda akan memuai. Persamaan yang berlaku pada pemuaian panjang sebagai berikut:

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T$$
$$A = A_0 + \Delta A$$
$$\beta = 2\alpha$$

Keterangan:
A = luas benda setelah dipanaskan (m^2)
A_0 = luas benda mula – mula (m^2)
β = koefisien muai luas benda ($/^0C$)
ΔA = pertambahan luas benda (m^2)
ΔT = perubahan suhu benda (^0C)

c. Muai volume

Benda padat yang mengalami muai volume akan mengalami pemuaian pada panjang, lebar, dan volume. Persamaan yang berlaku pada pemuaian panjang sebagai berikut:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$$
$$V = V_0 + \Delta V$$
$$\gamma = 3\alpha$$

Keterangan :
V = volume benda setelah dipanaskan (m^3)
V_0 = volume benda mula – mula (m^3)
γ = koefisien muai volume benda ($/^0C$)
ΔV = pertambahan volume benda (m^3)
ΔT = perubahan suhu benda (^0C)

2. Pemuaian pada zat cair

Zat cair hanya mengalami pemuaian volume. Pada umumnya, volume zat cair bertambah jika mengalami kenaikan suhu dan akan menyusut jika mengalami penurunan suhu. Pemuaian pada zat cair dinyatakan dalam persamaan di bawah ini:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$$
$$V = V_0 + \Delta V$$
$$\gamma = 3\alpha$$

V = volume zat cair setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = volume zat cair mula – mula (m^3)

Keterangan : γ = koefisien muai volume zat cair ($/^0C$)

ΔV = pertambahan volume zat cair (m^3)

ΔT = perubahan suhu zat cair (^0C)

3. Pemuaian pada zat gas

Gas juga mengalami pemuaian ketika terjadi kenaikan suhu dan mengalami penyusutan ketika terjadi penurunan suhu. Pemuaian pada zat gas dinyatakan dalam persamaan di bawah ini:

$$\Delta V = V_0 \frac{1}{273} \Delta T$$

$$V = V_0 + \Delta V$$

Keterangan :

V = volume gas setelah dipanaskan (m^3)

V_0 = volume gas mula – mula (m^3)

ΔV = pertambahan volume gas (m^3)

ΔT = perubahan suhu gas (^0C)

<u>Contoh soal</u>

Sebatang perak dipanaskan sehingga suhunya naik 80^0C. Setelah diteliti ternyata perak tersebut bertambah panjang 0,19 mm. Koefisien muai panjang perak 19 x 10^{-6} $/^0C$. Jika suhu mula-mula perak 30^0C, panjang mula-mula perak tersebut adalah ....

Jawab:

Diketahui :

$\Delta T = 80^0C - 30^0C = 50^0C$

$\Delta L = 0{,}19$ mm

$\alpha = 19 \text{ x } 10^{-6} /^0C$

Ditanya : L_0?

Penyelesai annya :

$$\Delta L = L_0 \text{ x } \alpha \text{ x } \Delta T$$

$$19 \text{ x } 10^{-2} = L_0 \text{ x } 19 \text{ x } 10^{-6} \text{ x } 50$$

$$L_0 = \frac{19 \text{ x } 10^{-2}}{19 \text{ x } 10^{-6} \text{ x } 50}$$

$$L_0 = 0{,}2 \text{ x } 10^3$$

$$L_0 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

Kerjakan soal berikut

<u>Soal kedua:</u>

Seorang siswa ingin melakukan percobaan pemuaian dengan sebatang logam. Setelah pemanasan hingga suhu 212^0C dari suhu ruang (27^0C), panjang logam bertambah 0,5% dari panjang semula. Nilai koefisien muai panjang logam tersebut sebesar ....

<u>Soal ketiga:</u>

Sebuah tangki besi 100 liter terisi penuh air pada pagi hari bersuhu 16^0C. Tangki tersebut diletakan di halaman pada siang hari yang suhunya mencapai 36^0C. Jika diketahui $\gamma_{air} = 2{,}1 \text{ x } 10^{-4} /^0\text{C}$ dan $\alpha_{besi} = 1{,}2 \text{x } 10^{-5} /^0\text{C}$, berapakah volume air yang tumpah?

C. Kalor

Kalor adalah bentuk energi yang berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah.

Dalam sistem SI, satuan kalor adalah joule (J).

1 kalori = 4,18 joule

1 joule = 0,24 kalori

1. Kalor jenis dan kapasitas kalor

   Kalor jenis (*c*) adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1 K atau 1^0C.

$$c = \frac{Q}{\text{m x } \Delta T}$$

$$Q = \text{m x } c \text{ x } \Delta T$$

Keterangan :

$c = \text{kalor jenis (J/kg K)}$

$m = \text{massa benda (kg)}$

$\Delta T = \text{perubahan suhu } (^0C)$

$Q = \text{banyaknya kalor (J)}$

Kapasitas kalor (*C*) adalah banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu benda sebesar 1 K atau 1 ^{0}C.

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

2. Kalor Laten

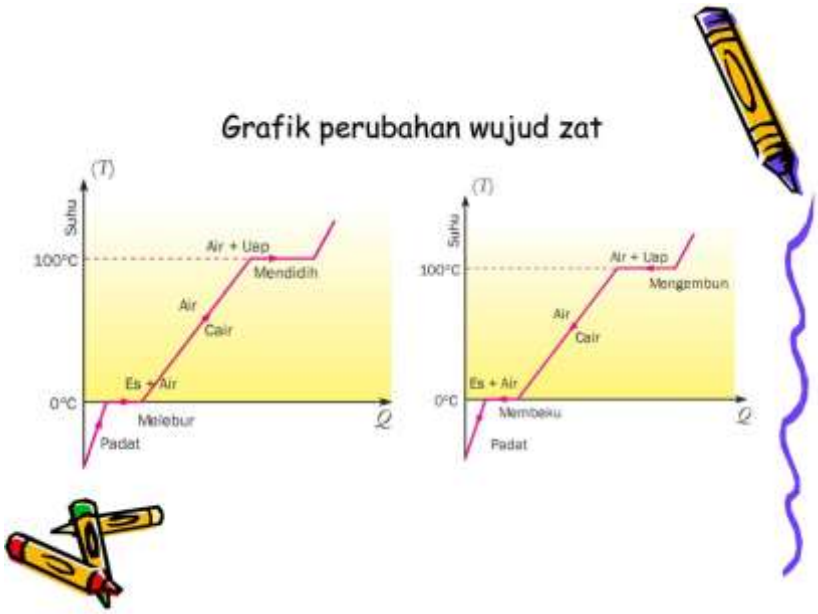
   Kalor laten adalah kalor yang diperlukan oleh tiap satuan massa zat untuk mengubah wujudnya. Besarnya kalor untuk perubahan wujud benda adalah

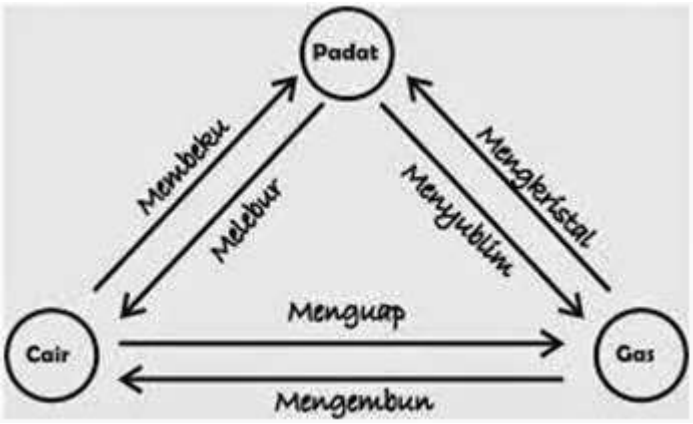
$$Q = mL$$

Keterangan $L = \text{kalor laten (J/kg)}$

3. Diagram fase perubahan wujud

   Misalkan terdapat sebongkah es bersuhu –*T*. Kemudian pada es tersebut diberikan kalor sehingga menjadi uap air. Maka proses perjalanan perubahan wujud dapat digambarkan melalui diagram suhu (^{0}C) terhadap banyaknya kalor yang diserap/dilepas (*Q*).





4. Assas Black

   Assas Black menjelaskan tentang hukum kekekalan energi kalor. Jika dua buah benda berbeda suhu saling melakukan kontak, akan terjadi aliran kalor dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah sehingga mencapai keseimbangan termal. Atau dengan kata lain, pada saat pencampuran dua zat, banyaknya kalor yang dilepas zat bersuhu tinggi nilainya sama dengan banyaknya kalor yang diterima oleh zat bersuhu rendah.

   Persamaan energi kalor dalam sistem yang menurut Asas Black sebagai berikut;

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

dengan $Q = \text{m x } c \text{ x } \Delta\text{T}$

<u>Contoh soal</u>

Besi 0,2 kg dipanaskan sampai suhu 120^0C, lalu dimasukkan ke dalam 100 gram air bersuhu 30^0C. Jika kalor air 4.200 J/kg ^{0}C dan kalor jenis besi 525 J/kg ^{0}C. Besarnya suhu akhir campuran adalah ....

Jawab:

Diketahui:

$$m_{air} = 100 \text{ gram} = 0{,}1 \text{ kg}$$
$$m_{besi} = 0{,}2 \text{ kg}$$
$$c_{air} = 4.200 \text{ J/kg}^0\text{C}$$
$$c_{besi} = 525 \text{ J/kg}^0\text{C}$$
$$T_{air} = 30^0 C$$
$$T_{besi} = 120^0 C$$

Ditanya: T_c ?

Penyelesaian:

Untuk menyelesaikan soal diatas, maka kita menggunakan persamaan assa Black.

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$
$$\text{dengan } Q = \text{m x } c \text{ x } \Delta\text{T}$$

$$Q_{lepas} = Q_{terima}$$
$$m_{besi}\, c_{besi}\, (T_{besi} - T_{campuran}) = m_{air}\, c_{air}\, (T_{campuran} - T_{air})$$
$$(0,2)(525)(120 - T_{campuran}) = (0,1)(4.200)(T_{campuran} - 30)$$
$$105(120 - T_{campuran}) = 420(T_{campuran} - 30)$$
$$(120 - T_{campuran}) = 4(T_{campuran} - 30)$$
$$120 - T_{campuran} = 4T_{campuran} - 120$$
$$5T_{campuran} = 240$$
$$T_{campuran} = \frac{240}{5}$$
$$T_{campuran} = 48$$

jadi, suhu akhir campuran adalah 48^0C

Kerjakan soal berikut

<u>Soal keempat</u>

Dalam botol termos terdapat 230 gram kopi pada suhu 90^0C. Dalam botol tersebut ditambahkan susu sebanyak 20 gram bersuhu 5^0C. Hitunglah suhu campurannya, jika $c_{air} = c_{kopi} = c_{susu} = 1$ kal/g °C !

D. Perpindahan kalor

Kalor merupakan energi yang dapat berpindah dari satu sistem ke sistem lainnya. Perpindahan kalor terjadi dari sistem bersuhu tinggi menuju sistem bersuhu lebih rendah. Kalor berpindah melalui tiga cara yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

1. Konduksi

   Konduksi adalah proses perpindahan kalor tanpa diikuti perpindahan partikel penghantarnya. Laju perpindahan kalor secara konduksi bergantung pada panjang, luas penampang, konduktivitas termal, dan perbedaan suhu sistem. Banyaknya kalor yang berpindah setiap satuan waktu ditunjukkan persamaan berikut.

$$\frac{Q}{t} = \frac{k \text{ x A x } \Delta\text{T}}{\text{L}}$$

$\frac{Q}{t}$ = laju hantaran kalor selama *t* detik (J/s)

k = koefisien konduksi termal bahan (W/mK)

Keterangan: A = luas penampanga n bahan (m^2)

ΔT = perubahan suhu (^0C)

L = panjang batang (m)

2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai dengan perpindahan partikel-partikel penghantarnya. Dalam konveksi dikenal istilah konveksi bebas yaitu perpindahan kalor disertai perpindahan zat alir/fluida secara bebas. Peristiwa ini dikarenakan adanya perbedaan massa jenis antarlapisan zat. Contoh konveksi bebas adalah air yang dimasak. Selain konveksi bebas ada pula konveksi paksaan yaitu perpindahan kalor yang disertai perpindahan partikel zat karena perbedaan tekanan yang dibuat dengan pompa. Contoh konveksi paksaan yaitu kipas angin dan AC.

Laju kalor secara konveksi mengikuti persamaan berikut:

$$\frac{Q}{t} = k \times A \times \Delta T$$

$\frac{Q}{t}$ = laju hantaran kalor selama *t* detik (J/s)

Keterangan : k = koefisien konveksi (W/mK)

A = luas penampanga n bahan (m^2)

ΔT = perubahan suhu (^0C)

3. Radiasi

Radiasi adalah peristiwa perpindahan kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik tidak membutuhkan partikel penghantar untuk merambat. Contoh perpindahan kalor secara radiasi adalah radiasi cahaya matahari, radiasi cahaya lampu, dan pancaran panas tubuh dalam bentuk gelombang inframerah.

Pancaran kalor secara radiasi mengikuti hukum Stefan Blotzmann:

$$I = \frac{P}{A} = e \times \sigma \times T^4$$

Keterangan:

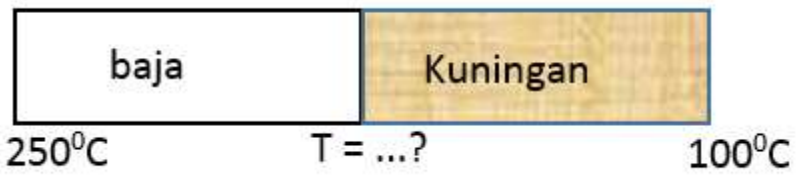
I = Intensitas radiasi yang dipancarkan per satuan luas per satuan waktu (W/m^2)

σ = konstanta Stefan Blotzmann $5{,}67 \times 10^{-6} W/m^2K^4$

e = emisivitas $(0 \le e \le 1)$

T = suhu (^0K)

Kerjakan soal berikut

<u>Soal kelima</u>

Batang baja dan kuningan yang luas penampang dan panjangnya sama,salah satu ujungnya dihubungkan, suhu ujung batang baja yang bebas 250^0, sedangkan suhu batang kuningan yang bebas 100^0C. jika koefisien konduksi kalor baja dan kuningan masing-masing 0,12 dan 0,24 kal/s cm, maka suhu pada titik persambungan kedua batang tersebut adalah....