

MODUL 3

HUKUM PERTAMA TERMODINAMIKA

PENDAHULUAN

Modul ini merupakan modul ketiga dari mata kuliah Termodinamika yang menjelaskan tentang konsep suhu dan kalor, hukum pertama termodinamika dan konsep usaha sistem pada lingkungannya serta pada berbagai proses termodinamika. Hukum pertama termodinamika menjelaskan tentang adanya hubungan antara kalor terhadap perubahan energy suatu system. Salah satu contoh sederhana berkaitan dengan perpindahan energi antara sistem dan lingkungan yang melibatkan Kalor dan Kerja adalah proses pembuatan popcorn.

Apakah kalian mengerti pembuatan popcorn? Popcorn biasanya dimasukkan ke dalam wadah tertutup (panci atau alat masak lainnya). Selanjutnya, wadah tertutup tersebut dipanasi dengan nyala api kompor. Adanya tambahan kalor dari nyala api membuat biji popcorn dalam panci kepanasan dan meletup. Ketika meletup, biasanya biji popcorn mengembang dalam panci dan mendorong penutup panci. Gaya dorong biji popcorn cukup besar sehingga kadang tutup panci bisa berguling.

Untuk kasus ini, kita bisa menganggap popcorn sebagai sistem, panci sebagai pembatas dan udara luar, nyala api dan lain-lain sebagai lingkungan. Karena terdapat perbedaan suhu, maka kalor mengalir dari lingkungan (nyala api) menuju sistem (biji popcorn). Adanya tambahan kalor menyebabkan sistem (biji popcorn) memuai dan meletup sehingga mendorong penutup panci (si biji popcorn tadi melakukan kerja terhadap lingkungan). Dalam proses ini, keadaan popcorn berubah. Keadaan popcorn berubah karena suhu, tekanan dan volume popcorn berubah saat memuai dan meletup... meletupnya popcorn hanya merupakan salah satu contoh perubahan keadaan sistem akibat adanya perpindahan energi antara sistem dan lingkungan. Perubahan keadaan sistem akibat adanya perpindahan energi antara sistem dan lingkungan yang melibatkan Kalor dan Kerja, disebut sebagai proses termodinamika.

Pada kegiatan belajar ini akan kita pelajari bagaimana keadaan kesetimbangan system, persamaan keadaan dan hukum gas ideal. Dalam modul ini, akan disajikan tiga kegiatan belajar, yaitu:

1. Kegiatan Belajar 1 : Suhu, Kalor dan Perpindahannya
2. Kegiatan Belajar 2 : Hukum Pertama Termodinamika
3. Kegiatan Belajar 3 : Konsep usaha system pada lingkungannya serta pada berbagai proses termodinamika

Setelah mempelajari modul ini Anda diharapkan Mampu menelaah definisi kalor, memecahkan masalah konsep kalor dan perpindahannya, menguraikan hukum pertama Termodinamika dan proses-proses termodinamika, serta menganalisis konsep usaha system pada lingkungannya, usaha pada berbagai proses termodinamika dengan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif. Secara lebih khusus lagi, Anda diharapkan dapat:

1. Membedakan jenis-jenis termometer.
2. Menelaah definisi kalor
3. Memecahkan masalah konsep kalor dan perpindahannya,
4. Menguraikan hukum pertama termodinamika,
5. Menguraikan proses-proses termodinamika
6. Menguraikan konsep usaha system pada lingkungannya
7. Menguraikan usaha pada berbagai proses termodinamika

Agar Anda memperoleh hasil yang maksimal dalam mempelajari modul ini, ikuti petunjuk pembelajaran berikut ini.

1. Sebelum membaca materi in yang mau dipelajari, bacalah bagian Pendahuluan modul ini, sampai Anda memahami betul apa, untuk apa, dan bagaimana mempelajari modul ini.
2. Bacalah bagian demi bagian, temukan kata-kata kunci dan kata-kata yang Anda anggap baru.
3. Carilah dan baca pengertian kata-kata tersebut dalam daftar kata-kata sulit dalam modul ini atau dalam kamus yang ada.

4. Tangkaplah pengertian demi pengertian dari isi modul ini melalui pemahaman sendiri, tukar pikiran dengan sesama mahasiswa, dan dosen Anda.
5. Mantapkan pemahanan Anda melalui diskusi dengan sesama teman mahasiswa.
6. Lakukan semua kegiatan yang diajarkan sesuai dengan petunjuk modul. Karena di dalam pembelajaran modul ini kita akan melakukan beberapa pengamatan dan percobaan.

Kegiatan Belajar 1

Suhu, Kalor dan Perpindahannya

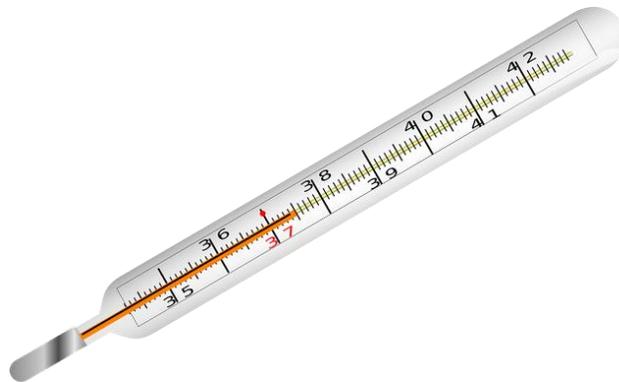
A. Suhu

Dalam kehidupan sehari-hari, suhu merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya suatu zat atau benda. Oven yang panas dikatakan bersuhu tinggi, sedangkan es yang membeku dikatakan memiliki suhu rendah.

Suhu dapat mengubah sifat zat, contohnya sebagian besar zat akan memuai ketika dipanaskan. Sebatang besi lebih panjang ketika dipanaskan daripada dalam keadaan dingin. Jalan dan trotoar beton memuai dan menyusut terhadap perubahan suhu. Hambatan listrik dan materi zat juga berubah terhadap suhu. Demikian juga warna yang dipancarkan benda, paling tidak pada suhu tinggi. Kalau kita perhatikan, elemen pemanas kompor listrik memancarkan warna merah ketika panas. Pada suhu yang lebih tinggi, zat padat seperti besi bersinar jingga atau bahkan putih. Cahaya putih dari bola lampu pijar berasal dari kawat tungsten yang sangat panas.

B. Termometer

Alat yang dirancang untuk mengukur suhu suatu zat disebut termometer. Ada beberapa jenis termometer, yang prinsip kerjanya bergantung pada beberapa sifat materi yang berubah terhadap suhu. Sebagian besar termometer umumnya bergantung pada pemuaian materi terhadap naiknya suhu. Termometer umum saat ini terdiri dari tabung kaca dengan ruang di tengahnya yang diisi air raksa atau alkohol yang diberi warna merah.



Gambar 3.1. Termometer

Thermometer pada umumnya memanfaatkan termometrik dari zat, yaitu perubahan dari sifat-sifat zat yang disebabkan karena perubahan suhu dari zat tersebut. Zat cair termometrik yaitu zat yang mudah mengalami suatu perubahan fisis ketika dipanaskan maupun didinginkan, misalnya alkohol dan air raksa. Pada dasarnya, termometer dapat didefinisikan sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur maupun perubahan suhu. Kata termometer berasal dari bahasa latin yaitu thermo yang artinya panas dan meter yang artinya untuk mengukur. Jadi, kegunaan dari alat termometer adalah untuk mengukur panas.

Termometer zat cair yang sering kita jumpai umumnya menggunakan raksa atau alkohol. Pada dasarnya raksa dan alkohol digunakan sebagai zat pengisi termometer karena keduanya memiliki sejumlah kelebihan dibandingkan dengan zat cair lainnya. Beberapa kelebihan raksa diantaranya:

- a. Raksa tidak membasahi dinding kaca tabung termometer, sehingga pengukuran suhu dapat dilakukan secara lebih akurat
- b. Raksa cepat mengambil panas dari benda yang akan diukur suhunya, sehingga mudah dicapai keadaan kesetimbangan termal
- c. Pemuaian raksa terjadi secara teratur
- d. Raksa mempunyai warna yang mengkilat, sehingga menjadi mudah diamati
- e. Termometer raksa mempunyai jangkauan ukur yang lebar, yaitu sekitar $356,9^{\circ}\text{C}$.

Namun demikian, raksa juga memiliki kelemahan, diantaranya tidak dapat mengukur suhu yang rendah. Disamping itu raksa merupakan zat yang sangat beracun, sehingga apabila tabung termometer yang berisi cairan raksa pecah, hal ini akan menjadi sangat berbahaya. Oleh karena itu, biasanya digunakan cairan alternatif lain, yakni alkohol sebagai pengganti raksa untuk mengisi tabung termometer. Alkohol memiliki beberapa kelebihan, diantaranya alkohol tidak beracun dan termometer alkohol dapat digunakan untuk mengukur suhu yang rendah. Akan tetapi, alkohol sebagai zat pengisi tabung termometer memiliki beberapa kelemahan, diantaranya:

- a. Alkohol tidak berwarna sehingga untuk penggunaan dalam tabung termometer harus diberi warna agar mudah dilihat

- b. Alkohol membasahi dinding tabung termometer, sehingga tidak dapat menunjukkan hasil pengukuran yang teliti
- c. Pemuaian alkohol kurang teratur
- d. Titik didih alkohol rendah (sekitar 78 °C), sehingga tidak dapat digunakan untuk mengukur suhu yang tinggi

Untuk dapat mengkuantitatifkan hasil pengukuran suhu dengan menggunakan termometer maka diperlukan angka-angka dan skala-skala tertentu. Penetapan skala yang terpenting adalah penetapan titik tetap bawah dan titik tetap atas sebagai titik acuan pembuatan skala-skala dalam termometer. Terdapat empat macam skala termometer yang biasa digunakan, yaitu Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Titik tetap bawah untuk skala Celcius dan Reamur ditetapkan pada skala 0°C dan 0°R, sedangkan untuk Fahrenheit ditetapkan pada skala 32°F. Ketiga skala titik tetap bawah untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik beku air murni (titik lebur es murni) pada tekanan normal. Adapun titik tetap atas ketiga skala ini berbeda-beda, dimana untuk Celcius ditetapkan pada 100°C, untuk Reamur ditetapkan pada 80°R, dan untuk Fahrenheit ditetapkan pada 212°F. Ketiga skala titik tetap atas untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik didih air murni pada tekanan normal. Pada skala Kelvin, titik tetap bawah ketiga skala termometer ini bersesuaian dengan skala 273 K dan titik tetap atasnya bersesuaian dengan 373 K.

Berikut ini merupakan gambaran konversi skala suhu antar skala:

Tabel 3.1. Konvesi skala thermometer

| Dari | Ke | | | |
|------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| | Celsius | Reamur | Fahrenheit | Kelvin |
| Celsius | - | $\frac{4}{5} \times t_C$ | $\frac{9}{5} \times t_C + 32$ | $t_C + 273$ |
| Reamur | $\frac{5}{4} \times t_R$ | - | $\frac{9}{4} \times t_R + 32$ | $\frac{5}{4} \times t_R + 273$ |
| Fahrenheit | $\frac{5}{9} \times (t_F - 32)$ | $\frac{4}{9} \times (t_F - 32)$ | - | $\frac{5}{9} \times (t_F - 32) + 273$ |
| Kelvin | $t_K - 273$ | $\frac{4}{5} \times (t_K - 273)$ | $\frac{9}{5} \times (t_K - 273) + 32$ | - |

Contoh soal:

Suhu udara di ruangan 95 °F. Nyatakan suhu tersebut ke dalam skala Kelvin!

Penyelesaian:

$$95 \text{ } ^\circ F = \frac{5}{9}(95 - 32) = 35 \text{ } ^\circ C$$

$$35 \text{ } ^\circ C = (35 + 273) \text{ } ^\circ K = 308 \text{ } ^\circ K$$

C. Pemuaian Zat

Pemuaian yang disebabkan oleh peningkatan suhu bisa terjadi pada zat padat, zat cair, dan zat gas. Suhu dapat mempengaruhi bentuk dan ukuran suatu benda, baik suhu tinggi maupun suhu yang rendah. Suhu tinggi dapat menyebabkan peristiwa pemuaian pada suatu zat, sedangkan suhu yang rendah akan menyebabkan penyusutan.

Pemuaian adalah suatu peristiwa muainya sebuah zat yang disebabkan peningkatan suhu. Bentuk benda tersebut berubah akibat peningkatan suhu menjadi bertambah panjang, lebar, luas, bahkan volume benda tersebut. Kebalikan dari pemuaian, suhu yang rendah bisa menyebabkan penyusutan yang berpengaruh pada berkurangnya panjang, lebar, luas, dan volume suatu benda. Dengan kata lain, pemuaian merupakan bertambahnya ukuran benda yang terjadi karena adanya kenaikan suhu.

Pemuaian tersebut bisa terjadi pada zat – zat yang cair, padat, dan juga gas. Besarnya pemuaian zat sangat tergantung pada ukuran benda pertamanya, kenaikan suhu dan jenis zat. Efek pemuaian zat tersebut akan sangat bermanfaat dalam suatu pengembangan di berbagai ilmu dan juga teknologi. Menurut De Chaira 1978 mengatakan: Saat sebuah bahan mengalami pemanasan, volumenya selalu meningkat dan setiap dimensi juga meningkat bersamaan.

Pemuaian panas yaitu perubahan suatu benda yang bisa jadi bertambah panjang, lebar, luas, atau juga berubah suatu volumenya dikarenakan terkena panas (kalor). Pemuaian tiap – tiap benda tersebut akan berbeda, tergantung dari suhu di sekitar dan juga koefisien muai atau juga daya muai dari benda tersebut.

Pemuaian terbagi menjadi 3 jenis, diantaranya sebagai berikut dibawah ini:

1. Pemuaian Zat Padat

Pemuaian zat padat merupakan jenis pemuaian yang terjadi pada suatu benda. Contohnya: Rel kereta api, kabel listrik, dan juga bingkai jendela. Lalu, pemuaian pada suatu zat padat dibedakan jadi 3 yaitu pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume.

a. Pemuaian Panjang

Pemuaian panjang merupakan bertambahnya ukuran panjang suatu benda, karena menerima kalor. Pada pemuaian panjang nilai lebar dan tebal sangat kecil, dibandingkan dengan nilai panjang benda tersebut. Jadi, lebar dan tebal dianggap gak ada. Contoh benda yang cuma mengalami pemuaian panjang aja adalah kawat kecil yang panjang sekali.

Pemuaian panjang suatu benda dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu panjang awal benda, koefisien muai panjang dan besar perubahan suhu. Koefisien muai panjang suatu benda sendiri dipengaruhi oleh jenis benda atau jenis bahan. Secara matematis persamaan yang dipakai buat menentukan pertambahan panjang benda setelah dipanaskan pada suhu tertentu adalah:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

$$L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

L = Panjang akhir (m)

L₀ = Panjang mula-mula (m)

ΔL = Pertambahan panjang (m)

α = Koefisien muai panjang (/°C)

Δt = Kenaikan suhu (°C)

b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas merupakan pertambahan ukuran luas suatu benda, karena menerima kalor. Pemuaian luas terjadi pada benda yang mempunyai ukuran panjang dan lebar, sedangkan tebalnya sangat kecil dan dianggap tidak ada. **Contoh** benda yang mempunyai pemuaian luas yaitu jendela kaca rumah. Ada beberapa faktor yang

mempengaruhi pemuaian luas yaitu luas awal, koefisien muai luas, dan juga perubahan suhu.

Untuk menentukan pertambahan luas dan volume akhir dipakai persamaan sebagai berikut ini:

$$A = A_0 + \Delta A$$

$$\Delta A = A_0 - \beta \Delta t$$

$$\Delta A = A_0 (1 + \beta \Delta t)$$

Keterangan:

$$A = \text{Luas akhir (m}^2\text{)}$$

$$\Delta A = \text{Pertambahan luas (m}^2\text{)}$$

$$A_0 = \text{Luas mula-mula (m}^2\text{)}$$

$$\beta = \text{Koefisien muai luas zat (/}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta t = \text{Kenaikan suhu (}^\circ\text{C)}$$

c. Pemuaian Volume

Pemuaian volume merupakan pertambahan ukuran volume suatu benda, karena menerima kalor. Pemuaian volume terjadi benda yang mempunyai ukuran panjang, lebar dan tebal. **Contoh** benda yang mempunyai pemuaian volume yaitu seperti kubus, air, dan juga udara. Volume yaitu bentuk lain dari panjang dalam 3 dimensi, karena itu buat menentukan koefisien muai volume sama dengan 3 kali koefisien muai panjang. Persamaan yang dipakai buat menentukan pertambahan volume dan volume akhir suatu benda adalah:

$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

$$V = \text{Volume akhir (m}^3\text{)}$$

$$V_0 = \text{Volume mula-mula (m}^3\text{)}$$

$$\Delta V = \text{Pertambahan volume (m}^3\text{)}$$

$$\gamma = \text{Koefisien muai volume (/}^\circ\text{C)}$$

$$\Delta t = \text{Kenaikkan suhu (}^\circ\text{C)}$$

2. Pemuaian Zat Cair

Pemuaian zat cair ini gak melibatkan muai panjang ataupun muai luas, tapi cuma dikenal sebagai muai ruang atau muai volume saja. Jadi, semakin tinggi suhu yang diberikan pada zat cair, maka akan semakin besar juga muai volumenya. Pemuaian zat cair buat masing-masing jenis zat cair beda-beda, akibatnya walaupun mula-mula volume zat cair sama tapi setelah dipanaskan volumenya jadi beda-beda. Pemuaian volume zat cair terkait dengan pemuaian tekanan, karena peningkatan suhu. Titik pertemuan antara wujud cair, padat, dan gas disebut dengan triple point.

3. Pemuaian Zat Gas

Gas mengalami pemuaian saat suhunya bertambah dan akan mengalami penyusutan, kalo suhunya menurun. Pada pemuaian zat gas, gak dikenal muai panjang dan juga muai luas, yang ada cuma muai volume gas tersebut aja. Rumus pemuaian pada gas atau pemuaian volume:

$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta t)$$

Keterangan:

$$\gamma = \text{Koefisien muai volume } (1/273^\circ\text{C})$$

Berikut ini, ada beberapa penerapan konsep pemuaian zat dalam kehidupan sehari – hari. Prinsip pemuaian zat banyak diterapkan dalam kehidupan sehari – hari, contoh penerapannya sebagai berikut:

- 1. Pemasangan Kaca Jendela.** Pemasangan kaca jendela memperhatikan juga ruang muai buat kaca, karena koefisien muai kaca lebih besar daripada koefisien muai kayu tempat kaca tersebut dipasang. Jadi, hal tersebut sangat penting sekali buat menghindari terjadinya pembengkokan pada bingkai kaca jendela tersebut.
- 2. Pemasangan Jaringan Telepon dan Listrik.** Kabel pada jaringan telepon atau listrik yang dipasang kendur dari tiang satu ke tiang lainnya jadi saat udara dingin panjang kabel akan sedikit berkurang dan mengencang. Jadi kalau kabel gak dipasang kendur, maka saat terjadi penyusutan kabel tersebut akan terputus.
- 3. Pemasangan Sambungan Rel Kereta Api.** Penyambungan rel kereta api harus menyediakan celah, antara satu batang rel dengan batang rel lain. Kalau suhu

meningkat, maka batang rel akan memuai sampai akan bertambah panjang. Dengan diberikannya ruang muai antara rel, maka gak akan terjadi desakan antara rel yang akan mengakibatkan rel menjadi bengkok.

- 4. Pemasangan Bingkai Besi pada Roda Pedati.** Bingkai roda pedati pada keadaan normal dibuat sedikit lebih kecil daripada tempatnya jadi gak dimungkinkan buat dipasang secara langsung pada tempatnya. Buat memasang bingkai tersebut, pertama besi harus dipanaskan sampai memuai dan ukurannya juga akan jadi lebih besar daripada tempatnya sehingga memudahkan buat dilakukan pemasangan bingkai tersebut. Lalu saat suhu mendingin, maka ukuran bingkai kembali mengecil dan terpasang kuat pada tempatnya.

Proses pemuaian terjadi karena adanya hal-hal seperti kenaikan temperatur, tekanan yang tinggi, dan juga laju alir yang terlalu cepat. Saat terjadi kenaikan temperatur, maka akan terjadi pergerakan partikel yang saling bertabrakan yang satu dengan lainnya. Adanya tabrakan tersebut, yang menyebabkan terjadinya perluasan daerah secara alamiah atau yang sering disebut dengan pemuaian. Selanjutnya, pada saat tekanan tinggi masuk pada suatu alat, maka bisa juga menyebabkan terjadinya pemuaian. Saat tekanan itu udah mendekati batas maksimum tekanan pada data design, maka unit tersebut akan berusaha menyesuaikan dirinya dengan tekanan sekitar. Pemuaian ini punya batas maksimal, artinya pada unit (alat) tersebut gak bisa lagi menyesuaikan dengan tekanan yang ada. Hal ini bisa menyebabkan terjadinya ledakan dan kebocoran. Kemudian, laju alir yang terlalu tinggi juga bisa menyebabkan terjadinya pemuaian yang diakibatkan adanya gaya gesek yang dihasilkan dari fluida yang mengalir. Saat laju alir yang terlalu tinggi bisa menyebabkan partikel bergesekan dan bergerak cepat. Proses pemuaian yang terjadi akibat laju alir mempunyai prinsip yang gak jauh beda dengan pemuaian yang diakibatkan oleh kenaikan temperatur.

Ada beberapa contoh kerugian yang ditimbulkan akibat pemuaian, adalah sebagai berikut ini:

1. Rel kereta api melengkung pada siang hari karena rel mengalami pemuaian, sedangkan rel terikat oleh baut – baut pengikat hal ini tujuannya buat mengatasi melengkungnya rel, pada tiap sambungan rel diberi celah.

2. Kabel listrik dipasang agak kendur. Kalo dipasang pada posisi tegang, pada malam hari suhunya lebih rendah, kabel listrik menyusut dan bisa putus.
3. Jembatan bisa melengkung atau patah saat suhu udara naik. Hal ini bisa diatasi dengan cara membuat celah (rongga) pada tiang penyangga jembatan atau membuat celah pada tiap sambungan balok jembatan.
4. Gelas atau mangkok dari kaca retak atau pecah saat diisi dengan air panas secara tiba – tiba. Hal ini terjadi karena gelas gak mudah menghantarkan panas jadi saat diisi air panas, kalor gak cepat menyebar. Akibatnya, bagian dalam gelas memuai lebih cepat dibanding bagian luarnya.

Contoh soal:

1. Sebuah baja memiliki panjang 1200 cm. Berapakah panjang akhir baja itu, jika terjadi perubahan suhu sebesar 50°C? ($\alpha_{\text{baja}} = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

Jawaban:

Diketahui:

$$L_0 = 1200 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}$$

$$\Delta T = 50^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{baja}} = 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Ditanya: Panjang akhir baja?

Dijawab:

$$L = L_0 + \Delta L$$

$$\Delta L = L_0 \alpha_{\text{baja}} \Delta T$$

$$L = 1,2 + 1,2 \cdot 12 \times 10^{-6} \cdot 50$$

$$L = 1,2 + 720 \cdot 10^{-6}$$

$$L = 1,20072 \text{ m}$$

Jadi, panjang akhir baja tersebut adalah 1,20072 m

D. Kalor

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang berpindah dari suatu tempat ke tempat lain karena perbedaan suhu. Sebelum ada konsep energi, menurut teori zat alir, kalor adalah zat alir yang berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda yang suhunya rendah.



Gambar 3.1 Kalor sebagai salah satu bentuk energy yang dapat berpindah

1. Kalor sebagai salah satu bentuk energi

Kalor adalah salah satu bentuk energi. Artinya, energi lain dapat berubah bentuk menjadi kalor. Jika air dalam tabung dikocok-kocok maka air akan menjadi panas. Artinya, energi gerak yang diberikan selama mengocok air tersebut berubah menjadi kalor yang diberikan kepada air.

2. Satuan untuk energi kalor

Menurut sistem Satuan Internasional (SI), satuan untuk energi kalor adalah joule (J). Namun, pada kehidupan sehari-hari masih ditemukan sistem satuan lain yaitu kalori (kal) atau kilokalori (kkal). 1 kalori ialah banyaknya kalor yang diperlukan oleh 1 gram air untuk menaikkan suhunya sebesar 1°C .

$$1 \text{ kalori} = 4,2 \text{ joule}$$

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori}$$

E. Pengaruh Kalor Terhadap Perubahan Suhu Zat

1. Kapasitas Kalor dan Kalor Jenis

Ada sejumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu atau sejumlah kalor yang dilepaskan ketika suhu benda diturunkan. Kapasitas kalor (H) adalah banyaknya kalor yang diperlukan suatu zat untuk menaikkan suhunya 1°C.

$$H = Q / \Delta T \quad \text{atau} \quad Q = H \times \Delta T$$

Keterangan:

Q = jumlah kalor (joule atau kalori)

H = kapasitas kalor (J/°C)

ΔT = perubahan suhu (°C atau K)

Kalor jenis suatu zat adalah banyaknya kalor yang diperlukan oleh satu satuan massa untuk menaikkan suhunya 1°C atau 1K. satuan kalor jenis J/kg°C.

Jumlah kalori yang diserap atau dilepaskan zat sebesar

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Keterangan:

Q = kalor yang diperlukan atau dilepaskan

m = massa zat

c = kalor jenis zat

ΔT = perubahan suhu

2. Azas black

Hukum kekekalan energy menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi hanya dapat berubah bentuk dari satu bentuk energy ke bentuk energy lain.

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

Kalor yang dilepaskan = kalor yang diterima

F. Pengaruh Kalor Terhadap Perubahan Wujud Zat

a. Melebur dan membeku

1) Melebur

Melebur merupakan perubahan wujud zat dari padat menjadi cair. Keadaan temperatur yang tetap ketika zat padat melebur disebut titik lebur. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat padat menjadi zat cair pada titik leburnya disebut kalor lebur.

2) Membeku

Membeku merupakan perubahan wujud zat dari cair menjadi padat. Pada saat zat cair berubah menjadi zat padat, terjadi pelepasan kalor. Banyaknya kalor yang dilepaskan ketika satu satuan massa zat cair berubah menjadi zat padat pada titik bekunya disebut kalor beku.

Titik beku adalah temperatur ketika zat cair berubah menjadi padat. Untuk zat yang sama, kalor lebur sama dengan kalor beku. Kalor lebur atau kalor beku dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$Q = mL$$

Dengan :

Q = kalor (J);

m = massa (kg); dan

L = kalor lebur atau kalor beku (J/kg).

b. Menguap, Mengembun, dan Mendidih

1) Menguap

Menguap adalah perubahan wujud zat cair menjadi gas. Pada saat menguap, zat memerlukan kalor. Faktor-faktor yang mempercepat penguapan adalah

- Memanaskan zat cair.
- Memperbesar luas permukaan zat cair.
- Mengalirkan udara kering ke permukaan zat cair.
- Mengurangi tekanan uap di permukaan zat cair.

2) Mengembun

Mengembun adalah perubahan wujud zat dari gas menjadi cair. Pada saat mengembun, zat melepaskan kalor dan temperatur zat selalu tetap. Banyaknya kalor yang dilepaskan satu satuan massa uap ketika berubah seluruhnya menjadi zat cair disebut kalor embun. Untuk zat yang sama, kalor uap sama dengan kalor embun.

Banyaknya kalor yang diperlukan atau dilepaskan untuk mendidih atau mengembun dinyatakan dengan rumus sebagai berikut.

$$Q = mU$$

Dengan :

Q = banyak kalor (J);

m = massa zat (kg); dan

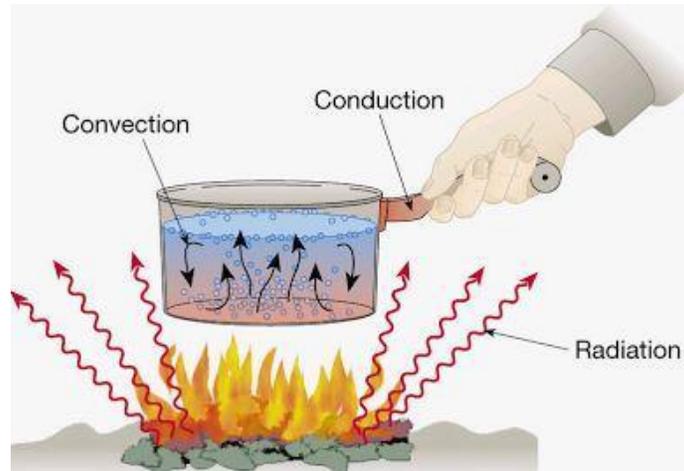
U = kalor uap atau kalor embun (J/kg).

3) Mendidih

Zat cair dikatakan mendidih jika terbentuk gelembung uap di seluruh bagian zat cair. Pada saat zat cair mendidih, temperatur zat tetap walaupun kalor diberikan terus-menerus. Temperatur zat cair ketika mendidih disebut titik didih. Banyaknya kalor yang diperlukan untuk mengubah satu satuan massa zat cair agar menjadi uap semua disebut kalor uap.

G. PERPINDAHAN KALOR

Panas atau kalor adalah energi yang berpindah dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Kalor tersebut memiliki satuan internasional (SI), yaitu joule.



Gambar 3.2 Macam-macam perpindahan kalor

Benda-benda di sekitar kita ada yang bisa menghantarkan panas dan tidak bisa menghantarkan panas. **Benda yang bisa menghantarkan panas disebut dengan konduktor.** Contoh benda konduktor ialah tembaga, besi, air, timah, dan alumunium.

Sementara itu, **benda yang tidak bisa menghantarkan panas disebut isolator.** Contoh benda isolator ialah plastik, kain, kayu, karet, kertas, ban, dan lainnya. *Nah*, sekarang kamu tidak perlu heran lagi saat melihat Ibu mengangkat panci dengan kain di tangannya karena kain termasuk benda isolator.

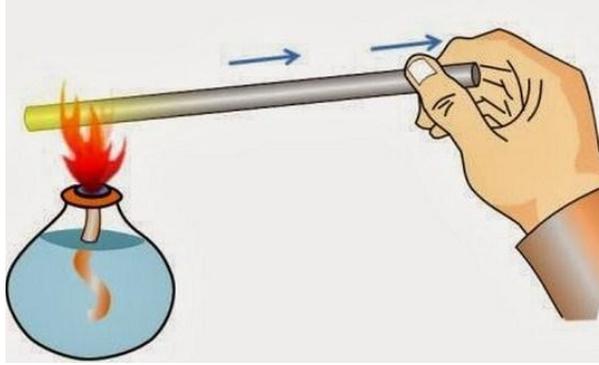
Perpindahan Kalor Secara Konduksi Konveksi dan Radiasi

1) Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya.

Contoh:

- Benda yang terbuat dari logam akan terasa hangat atau panas jika ujung benda dipanaskan, misalnya ketika memegang kembang api yang sedang dibakar.
- Knalpot motor menjadi panas saat mesin dihidupkan.
- Tutup panci menjadi panas saat dipakai untuk menutup rebusan air.
- Mentega yang dipanaskan di wajan menjadi meleleh karena panas.



Gambar 3.3 Perpindahan kalor secara konduksi

2) Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikel berpindah dan mengakibatkan kalor merambat, terjadilah konveksi. Konveksi terjadi pada zat cair dan gas (udara/angin).

Contoh:

- Gerakan naik dan turun air ketika dipanaskan.
- Gerakan naik dan turun kacang hijau, kedelai dan lainnya ketika dipanaskan.
- Terjadinya angin darat dan angin laut.
- Gerakan balon udara.
- Asap cerobong pabrik yang membumbung tinggi.



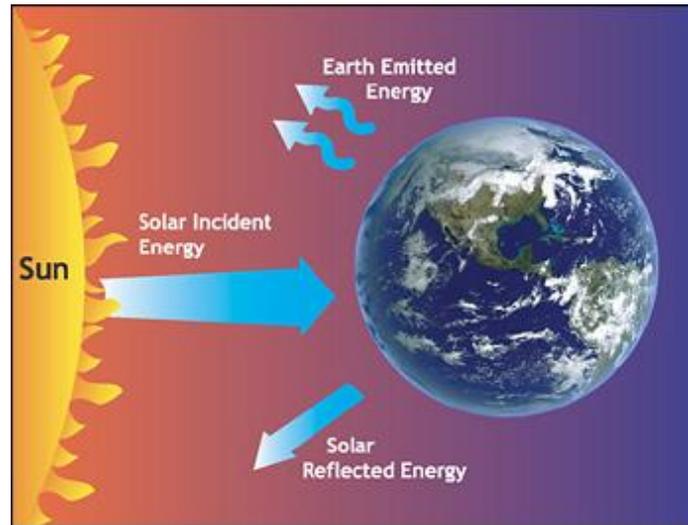
Gambar 3.4 Perpindahan kalor secara konveksi

3) Radiasi

Perpindahan kalor tanpa zat perantara merupakan radiasi. **Radiasi adalah perpindahan panas tanpa zat perantara.** Radiasi biasanya disertai cahaya.

Contoh radiasi:

- Panas matahari sampai ke bumi walau melalui ruang hampa.
- Tubuh terasa hangat ketika berada di dekat sumber api.
- Menetaskan telur unggas dengan lampu.
- Pakaian menjadi kering ketika dijemur di bawah terik matahari.



Gambar 3.5 Perpindahan kalor secara konduksi

RANGKUMAN

Suhu merupakan ukuran atau derajat panas atau dinginnya suatu benda atau sistem. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Untuk mengukur dan mengkuantitatifkan pengukuran suhu digunakan alat pengukur suhu yang dinamakan termometer. Alat ini bekerja berdasarkan sifat termometrik zat. Nilai suhu suatu benda dinyatakan dalam beberapa skala suhu, dan skala suhu yang umum digunakan adalah skala Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Hubungan antara skala Celcius dan Reamur dinyatakan sebagai berikut : $T_C = \frac{5}{4}T_R \leftrightarrow T_R = \frac{4}{5}T_C$. Hubungan antara skala Celcius dan Fahrenheit dinyatakan sebagai berikut: $T_C = \frac{5}{9}(T_F - 32) \leftrightarrow T_F = \frac{9}{5}T_C + 32$. Hubungan antara skala Celcius dan Kelvin dinyatakan sebagai berikut: $T_C = T_K - 273 \leftrightarrow T_K = T_C + 273$.

Pengaruh panas dan dingin (perubahan nilai suhu) pada suatu benda menyebabkan perubahan wujud dan sifat benda. Perubahan wujud dapat terjadi manakala

suhu benda mencapai titik leleh atau titik didihnya. Setiap benda juga dapat mengalami pemuaian ketika dipanaskan, dan menyusut ketika didinginkan, akan tetapi pengecualian pada air, dimana air memiliki sifat anomali air pada rentang suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada zat padat dapat terjadi pemuaian panjang, pemuaian luas, dan pemuaian volume, sedangkan pada zat cair dan gas hanya dapat terjadi pemuaian volume saja.

Kalor merupakan salah satu bentuk energi; oleh karenanya kalor dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain, dari satu keadaan ke keadaan lainnya. Kalor dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu. Sebuah benda yang dipanaskan (diberi kalor) maka benda tersebut akan mengalami kenaikan suhu. Semakin banyak kalor yang diserap atau diterima oleh suatu benda, semakin besar pula kenaikan suhunya. Umumnya kalor berpindah dari benda yang suhunya tinggi ke benda lain yang suhunya rendah.

Berbicara mengenai perpindahan kalor, maka setidaknya ada tiga cara kalor dapat berpindah. Pertama, kalor dapat berpindah secara konduksi, yaitu proses perpindahan kalor melalui suatu zat perantara tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu. Kedua, perpindahan kalor secara konveksi, yaitu proses perpindahan kalor melalui suatu zat disertai perpindahan zat tersebut. Ketiga, perpindahan kalor secara radiasi, yaitu perpindahan kalor tanpa perpindahan zat perantara.

Banyaknya kalor yang diterima atau dilepaskan oleh suatu benda bergantung dari sifat bendanya, yaitu kapasitas kalor suatu benda dan kalor jenis benda tersebut. Kapasitas kalor didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu benda sebesar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau 1 K . Sedangkan kalor jenis suatu zat didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kilogram zat tersebut sebesar $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau 1 K . Kalor jenis zat merupakan sifat termal zat terhadap kemampuannya menyerap kalor, dan nilainya akan berbeda-beda bergantung zat masing-masing.

Tidak semua kalor berguna dalam menaikkan suhu. Ada juga kalor yang digunakan suatu zat untuk berubah wujud. Kalor yang digunakan suatu zat untuk berubah wujud dinamakan kalor laten. Kalor laten itu sendiri terdiri dari kalor lebur (kalor beku) dan kalor didih (kalor uap).

LATIHAN

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

1. Pengukuran suhu tubuh seorang anak yang sedang demam menunjukkan nilai 38 °C. Berapakah nilai ini dalam skala Reamur dan Fahrenheit?
2. Sebuah keping aluminium memiliki luas mula-mula 6 m² ketika suhunya 10 °C. Berapakah luas keping aluminium tersebut setelah dipanaskan hingga mencapai suhu 180 °C, bila koefisien muai panjang aluminium adalah $24 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$?
3. Sejumlah kalor digunakan untuk melebur 2 kg logam yang mula-mula suhunya 15 °C. Bila titik leleh logam tersebut adalah 1000 °C, kalor jenis logam adalah $4 \times 10^2 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ dan kalor leburnya 35 kkal/kg, berapakah kalor yang diperlukan untuk melebur logam tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

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.