

BAB I SUHU DAN KALOR

1.1 Cara Mengukur suhu

Suhu adalah ukuran derajat panas dinginnya suatu benda. Alat untuk mengukur suhu adalah termometer.

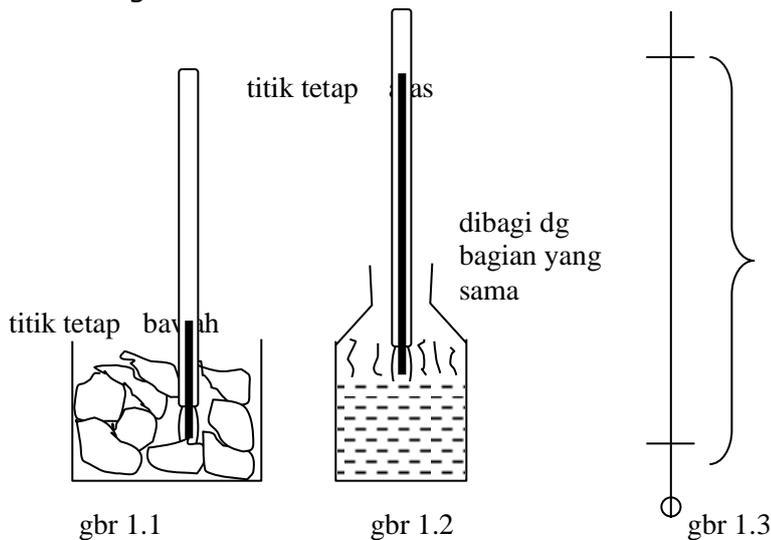
Termometer memanfaatkan sifat termometrik zat, yaitu sifat fisis yang berubah jika dipanaskan. misalnya volume zat cair, panjang logam, hambatan listrik, tekanan gas pada volume tetap, warna pijar kawat.

1.2 Cara mengkalibrasi termometer

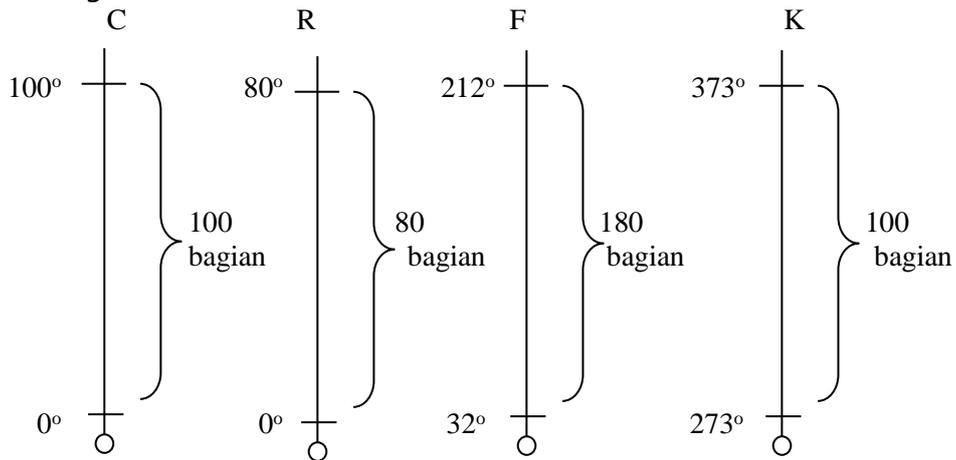
Kalibrasi adalah kegiatan menetapkan skala sebuah termometer yang belum diketahui.

Langkah mengkalibrasi termometer :

1. menentukan titik tetap bawah (biasanya suhu es saat mencair) lihat gambar 1.1
2. menentukan titik tetap atas (biasanya suhu uap air saat air mendidih) lihat gambar 1.2
3. membagi jarak antara kedua skala dengan bagian yang sama. lihat gambar 1.3



Pembagian skala :



1.3 Suhu Mutlak

Ketika suhu suatu benda terus dinaikkan. Benda padat akan melebur menjadi cair, molekulnya menjadi bergerak lebih bebas, jika suhu terus dinaikkan molekulnya mendapat energi tinggi dan menjadi sangat bebas bergerak (menjadi gas). Kemudian molekul-molekul ini akan pecah menjadi atom-atom, Selanjutnya jika benda masih terus dipanaskan elektron-elektron dalam atom-atom ini akan terlepas membentuk semacam lautan yang terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. pada keadaan ini jika suhu benda masih dapat dinaikkan tanpa ada batasnya. Namun hal seperti ini tidak terjadi ketika suhu benda diturunkan, Secara teori, ketika suhu diturunkan terus , energi gerak molekul bertambah kecil. Akhirnya suatu saat seluruh moleku-molekul ini berhenti bergerak. Pada kondisi ini kita katakan benda mencapai suhu terendah (nol absolut). Pada nol absolut ini tidak mungkin lagi menurunkan suhu benda, karena energi kinetik benda sudah nol. suhu ini adalah 273,16°, suhu ini ditulis sebagai 0 derajat Kelvin.

1.4 Konversi satuan suhu :

$$\frac{X - X_0}{X_t - X_0} = \frac{A - A_0}{A_t - A_0}$$

X : suhu yang akan dicari

X₀ : titik tetap bawah skala yang dicari

X_t : titik tetap atas skala yang dicari

A : suhu yang diketahui

A₀ : titik tetap bawah skala yang diketahui

A_t : titik tetap atas skala yang diketahui

Soal :

1. Panjang kolom raksa pada termometer raksa yang belum dikalibrasi adalah 3 cm diukur dari tabung reservoir sewaktu termometer diletakkan dalam es yang sedang melebur, dan 23 cm dari tabung sewaktu diletakkan dalam air murni yang sedang mendidih. Berapa panjang kolom raksa pada suhu :
 - a. 40°C
 - b. -5°C
2. Pada suhu berapa skala yang ditunjukkan termometer celcius sama dengan skala yang ditunjukkan pada termometer fahrenheit.
3. Suhu suatu benda bila diukur dengan skala Fahrenheit adalah 100° , berapa skala yang ditunjukkan oleh Kelvin ?
4. Pada sebuah skala x, titik beku air adalah 20°x dan titik didih air adalah 70°x . Bila suhu suatu benda diukur dengan skala x adalah 30°x , berapa suhunya bila diukur dengan skala celcius ?

1.5 Pemuaian

Semua materi/zat (padat, Cair dan Gas) pada umumnya memuai jika dipanaskan dan mengkerut jika didinginkan. Pemuaian dapat diterangkan dengan menganggap ikatan antara molekul seperti sebuah pegas yang lentur. Ikatan pada zat padat lebih kuat dari pada ikatan pada zat cair. Molekul-molekul ini selalu bergetar pada suatu posisi kesetimbangan. Ketika suhu zat dinaikkan, amplitudo getaran molekul-molekul menjadi lebih besar, dengan kata lain ukuran benda akan bertambah (memuai).

Pemuaian Panjang

Cara menghitung pertambahan panjang benda pada saat memuai :



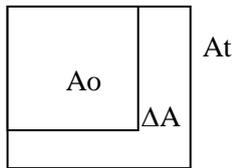
$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t$$

- Δl : Pertambahan panjang
 α : koefisien muai panjang
 l_0 : panjang mula-mula
 Δt : Perubahan suhu

Koefisien muai panjang dapat didefinisikan sebagai perubahan panjang suatu benda per satuan panjang perderajat celcius (atau kelvin).

contoh nilai $\alpha = 24 \times 10^{-6} (^{\circ}\text{C})$ artinya panjang suatu benda akan bertambah 24×10^{-6} dari panjang semula ketika suhu dinaikkan 1 derajat celcius.

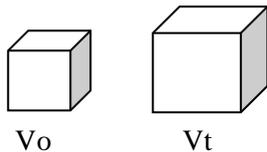
Pemuaian Luas



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

- A_0 : Luas mula-mula
- ΔA : Pertambahan Luas
- Δt : Pertambahan suhu
- β : Koefisien muai luas

Pemuaian Volume



$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta t$$

- V_0 : Volume mula-mula
- ΔV : Pertambahan Volume
- Δt : Pertambahan suhu
- γ : Koefisien muai volum

1.5 Anomali Air

Air memuai ketika dipanaskan mulai dari suhu 4°C tetapi mengerut (volumenya bertambah kecil) jika dipanaskan dari suhu 0°C hingga 4°C . sifat ini disebut anomali air.

Pada umumnya susunan kristal zat padat menempati volume yang lebih kecil dibanding ketika zat dalam keadaan cair. Tapi hal ini tidak terjadi air. Susunan kristal es ternyata menempati volume yang lebih besar dibandingkan ketika berbentuk cair. Besarnya volume es mengakibatkan massa jenisnya lebih kecil, itu sebabnya es terapung di dalam air.

Soal Tentang Pemuaian

1. Sebuah pita baja panjangnya 40 m pada suhu 20°C . Berapa panjang pita baja tersebut pada suatu hari yang suhunya 40°C

2. Panjang rel kereta api dari baja adalah 10 m. Berapa perubahan panjang rel tersebut jika suhunya berubah dari 25°C menjadi 40°C
3. Panjang sebatang perunggu adalah 160,00 mm pada suhu 20°C. Batang itu dipanasi hingga panjangnya menjadi 160,36 mm. Berapa suhu akhir dari pemanasan tersebut !
4. Sebatang baja panjangnya 4 m bertambah panjang 2mm ketika mengalami kenaikan suhu 40°C. Berapa pertambahan panjang baja kedua yang panjangnya 3m ketika dipanasi hingga mengalami kenaikan suhu 50°C ?
5. Sebuah bejana tembaga dapat memuat 1 liter pada suhu 30°C. Berapa liter volume yang dapat dimuat oleh bejana tersebut pada suhu 100°C
6. Sebuah kubus aluminium dengan panjang rusuk 10 cm dipanaskan sehingga suhunya naik dari 20°C menjadi 40°C. Hitung:
 - a. pertambahan volume kubus
 - b. perubahan massa jenisnya
7. Sebuah botol gelas dengan volume 250 cm³ diisi penuh dengan air bersuhu 40°C. Kemudian botol ini dipanaskan sampai suhunya mencapai 70°C. Tentukan banyak air yang tumpah jika pemuai botol
 - a. diabaikan
 - b. diperhitungkan
8. Volume sebuah tabung baja tepat 2L pada suhu 10°C. Jika 96% volumenya diisi dengan alkohol, berapa volume alkohol yang tumpah ketika bejana tersebut dipanaskan sampai 60°C ?
9. Sebuah gelas volumenya 1 L diisi penuh dengan raksa bersuhu 0°C,. Ketika gelas dipanaskan sampai mencapai 100°C, 15,2 cm³ raksa tumpah. Jika koefisien muai raksa adalah 0,00182/°C. Tentukan koefisien muai panjang gelas !

1.6 Kalor

Adalah salah satu bentuk energi. Kalor dapat mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya rendah. Kalor dihasilkan dari suatu usaha mekanik, misalnya berupa gesekan.

Tara kalor mekanik : ekwivalensi antara energi kalor dengan energi mekanik : 1 kalori = 4,184 Joule

1.7 Kalor Jenis

Besarnya kalor yang diserap oleh suatu benda dipengaruhi oleh :

- a. massa benda
- b. besar perubahan suhu yang dikehendaki
- c. kalor jenis benda

Faktor –faktor tersebut secara matematis ditulis sebagai :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t$$

Kalor jenis menyatakan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu 1 kg zat sebesar 1Kelvin.

Kalor jenis merupakan sifat khas dari suatu zat yang menunjukkan kemampuan zat tersebut untuk menyerap kalor. Zat yang mempunyai kalor jenis tinggi mempunyai kemampuan untuk menyerap kalor lebih banyak artinya zat tersebut membutuhkan kalor yang lebih besar untuk menaikkan suhunya, dibanding dengan zat lain dalam massa yang sama. Satuan kalor jenis KKal/Kg°K atau KKal/Kg°C atau Kal/g°C

1.8 Kapasitas Kalor

Menunjukkan banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu benda 1 K, tanpa memandang massa benda.

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

Satuan kapasitas kalor : J/K atau J/°C. Rumus diatas sering ditulis :

$$Q = C \cdot \Delta t$$

Hubungan antara kalor jenis dan kapasitas kalor :

$$C = m \cdot c$$

1.9 Hukum Kekekalan Energi

Apabila dua zat yang berbeda suhunya dicampur, maka suhu campuran pasti terletak diantara suhu kedua zat tersebut. Pada percampuran tersebut terjadi dua macam peristiwa, yaitu zat yang suhunya lebih tinggi akan melepas kalor sedangkan zat yang suhunya lebih rendah akan menerima kalor. Banyaknya kalor yang dilepas oleh zat yang bersuhu tinggi sama dengan banyak kalor yang diserap oleh zat yang suhunya lebih rendah. peristiwa tersebut dikenal sebagai asas Black. yang secara matematis dinyatakan dengan persamaan :

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

Rincian $Q_{\text{lepas}} : m \cdot c \cdot (t_2 - t_A)$

$Q_{\text{terima}} : m \cdot c \cdot (t_A - t_1)$

dimana :

t_2 : suhu zat yang lebih panas

t_1 : suhu zat yang lebih dingin

t_A : suhu campuran

Harap dicermati bahwa kadang zat yang menerima kalor dalam satu peristiwa tidak hanya satu macam, demikian pula zat yang melepas kalor terkadang juga tidak cuma satu macam. misal wadahnya diperhitungkan atau tidak.

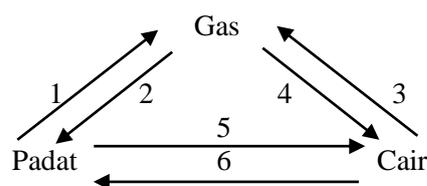
Soal tentang kalor

(kalor jenis air 4.200 J/kgK)

1. Berapa kalor yang harus ditambahkan pada $5,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ balok baja untuk menaikkan suhunya dari 30°C menjadi 80°C .
2. Tentukan kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda bermassa 2 kg yang kalor jenisnya 400 J/kgK dari 20°C menjadi 25°C
3. Tentukan kapasitas kalor dari bejana tembaga yang massanya $0,4 \text{ kg}$ dan kalor jenisnya 390 J/kgK
4. Jika $0,2 \text{ kg}$ kopi pada suhu 90°C dituangkan ke dalam sebuah gelas kaca yang massanya $0,3 \text{ kg}$ dan suhunya 20°C . Berapa suhu akhir kopi ? anggap tidak ada kalor yang keluar dari sistim.
5. Sebuah kalorimeter tembaga yang massanya 280 gram diisi dengan 500 g air pada suhu 15°C . Sebatang balok kecil tembaga yang massanya

1.10 Perubahan Wujud

Salah satu pengaruh diserap atau dilepasnya kalor adalah zat dapat mengalami perubahan wujud.



- 1 dan 2 : menyublim (perubahan dari gas ke padat dan sebaliknya)
3 : menguap
4 : mengembun
5 : mencair
6 : membeku

Suhu dimana zat cair mendidih dan berubah wujud menjadi gas dinamakan titik didih, atau titik uap.

Titik didih sama tingginya dengan titik embun (suhu dimana gas berubah wujud menjadi cair)

Suhu dimana zat cair membeku dinamakan titik beku, besarnya sama dengan titik lebur atau titik leleh (suhu dimana benda padat meleleh menjadi cair)

Kalor lebur : kalor yang diperlukan oleh 1 kg zat untuk melebur

Kalor uap : kalor yang diperlukan untuk menguapkan 1 kg zat

Kalor perubahan wujud sering disebut kalor laten.

Untuk menghitung kalor yang diperlukan untuk mengubah wujud digunakan rumus :

$$Q = m \cdot L$$

L : kalor laten (kkal/kg atau kal/g)

Menguap adalah peristiwa lepasnya molekul-molekul dari permukaan zat karena memiliki kecepatan yang tinggi

Pengembunan adalah peristiwa tumbukan antara molekul-molekul gas yang bergerak cepat dengan molekul-molekul zat cair/padat yang bergerak lebih lambat. sehingga gerak molekul-molekul gas akan berkurang maka suhunya akan turun, sehingga gas akan berubah menjadi cair.

Mendidih

Ketika bejana berisi air dipanaskan hingga 100°C molekul-molekul air di dasar bejana bergerak sangat cepat. Karena cepatnya, maka sekelompok molekul menjadi lebih bebas dengan kata lain sekelompok molekul ini berubah wujud menjadi gas/gelembung. Gelembung ini akan segera lenyap jika tekanan akibat gerakan cepat molekul-molekul di dalam gelembung tidak mampu mengalahkan tekanan di dasar air (tekanan atmosfer + tekanan hidrostatis. Jika pemanasan terus berlangsung kecepatan molekul air menjadi sangat tinggi, sehingga akan ada sekelompok molekul berhasil mengalahkan tekanan hidrostatis, sehingga terbentuk gelembung udara, gelembung ini akan naik ke atas permukaan air, terjadilah peristiwa mendidih.

Jika tekanan udara luar ditambah, tekanan di dasar bejana pun bertambah, sehingga gelembung-gelembung lebih sukar terbentuk, sehingga dibutuhkan kalor lebih banyak untuk mendidihkan air ini. Dengan kata lain air akan mendidih pada suhu lebih tinggi dari 100°C

Perpindahan Kalor

Kalor berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Benda yang suhunya tinggi akan turun suhunya sedangkan benda yang bersuhu rendah akan naik suhunya sampai keadaan setimbang.

Konduksi

Perpindahan panas melalui zat padat. Ketika ujung batang dipanaskan api, menyebabkan molekul-molekul dan elektron-elektron bebas di ujung ini bergerak cepat dan menumbuk tetangganya, akibat tumbukan ini tetangga-tetangga mereka akan bergerak cepat juga dan akan menumbuk tetangganya yang lain. Peristiwa ini akan terus berlangsung sampai seluruh molekul dalam batang bergerak cepat. Naiknya kecepatan gerak molekul berarti naiknya energi kinetik tiap molekul, akibatnya suhu batang akan naik.

Baik buruknya suatu batang menghantarkan panas sangat tergantung pada struktur molekulnya. Benda yang mempunyai banyak elektron bebas merupakan penghantar yang baik disebut konduktor. Karena elektron-elektron ini sangat membantu dalam proses tumbukan. Pada umumnya benda yang bersifat konduktor berupa logam. Benda yang tidak dapat menghantar panas disebut isolator.

Laju perpindahan kalor secara konduksi

Dipengaruhi oleh :

1. perbedaan suhu kedua permukaan, makin besar perbedaan suhu kedua permukaan makin cepat perpindahan kalor
2. Ketebalan dinding, makin tebal dinding makin lambat perpindahan kalor
3. luas permukaan benda, makin luas permukaan makin cepat perpindahan kalor
4. Konduktivitas termal zat k , makin besar k (kemampuan menghantarkan kalor), makin cepat perpindahan kalor

Secara matematis, laju perpindahan kalor dapat dituliskan :

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA\Delta T}{d}$$

Satuan k : W/m.K

Konveksi

Perpindahan kalor melalui pergerakan molekul-molekul secara besar-besaran dari satu tempat ke tempat yang lain

ada dua macam konveksi :

Konveksi Alami

perpindahan molekul terjadi berdasarkan perbedaan massa jenis, misalnya ketika kita memanaskan air, air yang dipanaskan memuai sehingga massa jenisnya lebih kecil sehingga akan mengalir ke atas,

sebaliknya air yang lebih dingin akan mengalir ke bawah, pemansan ini akan berlangsung terus menerus sehingga seluruh air yang hendak kita panaskan sama suhunya.

Konveksi Paksa

Pada konveksi jenis ini fluida yang telah dipanasi dipaksa untuk bergerak ke tujuan tertentu, misalnya udara panas dari sebuah pengering rambut untuk mengeringkan rambut.

Kelajuan konveksi :

$$\frac{Q}{t} = h.A.\Delta T$$

Radiasi

Merupakan bentuk perpindahan energi yang tidak membutuhkan materi perantara. Radiasi ini terjadi pada semua benda yang mempunyai suhu, besar energi yang diradiasikan oleh benda yang berpenampang A dan bersuhu T setiap detik diberikan oleh rumus,

$$\frac{Q}{t} = e.\sigma.A.T^4$$

σ adalah konstanta yang dinamakan konstanta Stefan-Boltzman besarnya $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$, sedangkan e adalah emisivitas benda yang besarnya ditentukan oleh karakteristik benda ($0 < e < 1$), $e = 1$ untuk benda hitam sempurna. disamping memancarkan kalor benda mempunyai sifat menyerap kalor yang datang. Besarnya kalor yang diserap tergantung pada sifat permukaan benda. Benda hitam sempurna akan menyerap semua kalor yang diterimanya, sedangkan benda yang mengkilap akan memantulkan semua radiasi yang diterimanya.

