

# BAB IV

## SUHU DAN PERUBAHANNYA

### A. Konsep Suhu

#### 1. Pengertian Suhu

Suhu adalah suatu besaran untuk menyatakan ukuran derajat panas atau dinginnya suatu benda. Benda yang panas mempunyai derajat panas lebih tinggi daripada benda yang dingin. Sebagai gambaran tentang suhu, ketika mandi menggunakan air hangat, kita harus mendapatkan air hangat tersebut dengan mencampurkan air dingin dan air panas. Ketika tangan kita menyentuh air yang dingin, maka kita mengatakan suhu air tersebut dingin. Ketika tangan kita menyentuh air yang panas maka kita katakan suhu air tersebut panas. Ukuran derajat panas dan dingin suatu benda tersebut dinyatakan dengan besaran suhu.

#### 2. Alat Ukur Suhu

Suhu termasuk besaran pokok. Dalam satuan SI (Sistem Internasional), suhu diberi satuan Kelvin dan disimbolkan dengan K. Alat untuk mengukur besarnya suhu suatu benda adalah termometer. Berikut ini merupakan jenis-jenis termometer berdasarkan penggunaannya:

##### a. Termometer Zat Cair

Secara umum, benda-benda di alam akan memuai (ukurannya bertambah besar) jika suhunya naik. Kenyataan ini dimanfaatkan untuk membuat termometer dari zat cair. Termometer zat cair ini merupakan termometer yang umum digunakan, cair dengan pengisi pipa kapilernya adalah raksa atau alkohol. Zat cair digunakan sebagai pengisi termometer karena zat cair akan mengalami perubahan volume jika suhunya berubah. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan termometer jenis alkohol dan raksa.

**Tabel 4.1** Kelebihan dan Kekurangan Cairan Pengisi Termometer

Jenis Pengisi Termometer	Kelebihan	Kekurangan
<b>Raksa</b>	1. Mudah dilihat karena mengilat. 2. Tidak membasahi dinding.	1. Harganya mahal. 2. Tidak dapat mengukur suhu yang sangat rendah.

	<p>3. Mempunyai titik beku <b>40 °C</b> dan titik didih 350 °C</p> <p>Catatan : raksa digunakan utk mengukur benda/zat cair yang memiliki suhu tinggi</p>	<p>3. Zat beracun sehingga berbahaya jika tabungnya pecah.</p>
<b>Alkohol</b>	<p>1. Harganya lebih murah.</p> <p>2. Mempunyai titik beku -114 °C dan titik didih 78 °C sehingga dapat mengukur suhu yang sangat rendah.</p>	<p>1. Memiliki titik didih rendah (78 °C) sehingga pemakaiannya terbatas.</p> <p>2. Tidak berwarna sehingga sukar diamati.</p> <p>3. Membasahi dinding kaca.</p>

Beberapa termometer yang menggunakan zat cair akan dibahas berikut ini.

### 1) Termometer Laboratorium

Bentuknya panjang dengan skala dari -10°C sampai 110°C menggunakan raksa, atau alkohol seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Termometer Laboratorium

### 2) Termometer Suhu Badan

Termometer ini digunakan untuk mengukur suhu badan manusia. Skala yang ditulis antara 35 °C dan 42 °C. Pipa di bagian bawah dekat labu dibuat sempit sehingga pengukuran lebih teliti akibat raksa tidak segera turun ke labu/reservoir (Gambar 4.2).



**Gambar 4.2** Termometer Suhu Badan

### b. Termometer Bimetal

Perhatikan dua logam yang jenisnya berbeda dan dilekatkan menjadi satu pada Gambar 4.3. Jika suhunya berubah, bimetal akan melengkung. Mengapa? Karena logam yang satu memuai lebih panjang dibanding yang lain. Hal ini dimanfaatkan untuk membuat termometer.



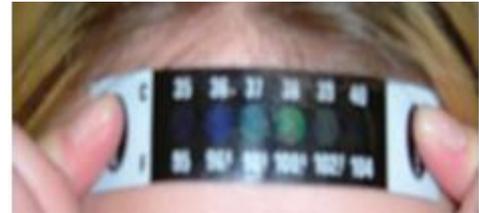
**Gambar 4.3** Saat dipanaskan, bimetal melengkung.



**Gambar 4.4** Termometer bimetal, digunakan untuk pengukur suhu

**c. Termometer Kristal Cair**

Terdapat kristal cair yang warnanya dapat berubah jika suhu berubah. Kristal ini dikemas dalam plastik tipis, untuk mengukur suhu tubuh, suhu akuarium, dan sebagainya (Gambar 4.5).



**Gambar 4.5** Termometer kristal cair untuk mengukur suhu tubuh.

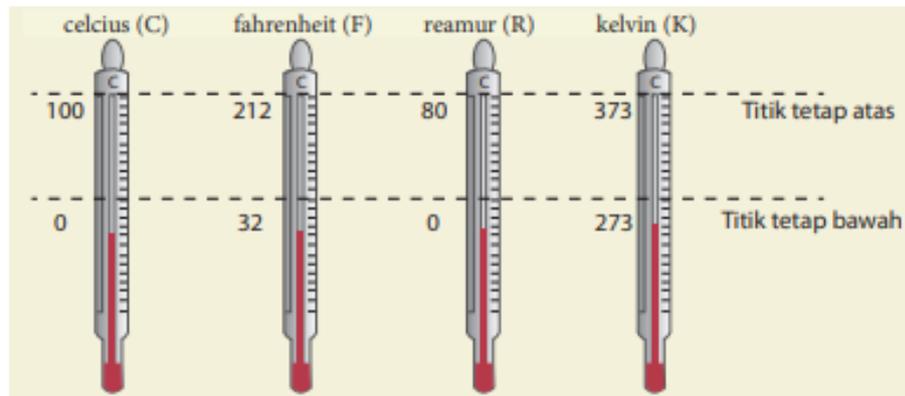
**4. Skala Termometer**

Termometer yang kita kenal saat ini mempunyai jenis skala ukur yaitu Celsius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Perbedaan keempat jenis skala termometer tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.2** Jenis – Jenis Skala Termometer

No.	Skala Termometer	Penemu	Titik Tetap		Skala	Satuan
			Bawah	Atas		
1.	Celsius	Andreas Celsius (Swedia)	0 °	100 °	100	°C
2.	Reamur	Reamur (Prancis)	0 °	80 °	80	°R
3.	Fahrenheit	Gabriel D. Fahrenheit (Jerman)	32 °	212 °	180	°F

4.	Kelvin	Lord Kelvin (Inggris)	273	373	100	K
----	--------	-----------------------	-----	-----	-----	---



**Gambar 4.6** Titik Tetap Bawah dan Titik Tetap Atas pada Beberapa Skala Suhu. Rentang Skala Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin berturut-turut 100, (212-32), 80, (373-273).

#### Penggunaan Matematika

Perbandingan Skala Suhu:

skala C: skala R: skala F: skala K = 100 : 80 : 180 : 100

skala C: skala R: skala F: skala K = 5 : 4 : 9 : 5

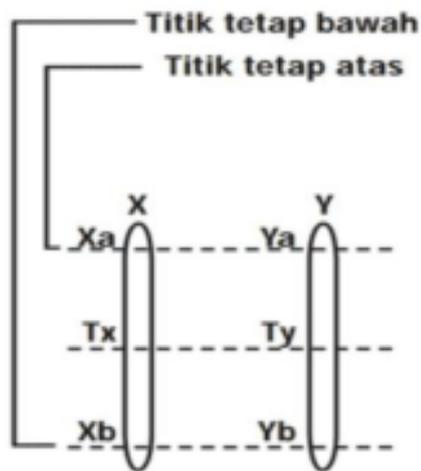
Dengan memperhatikan titik tetap bawah (dibandingkan mulai dari nol semua), perbandingan angka suhunya:

$$t_c : t_r : (t_f - 32) : (t_k - 273) = 5 : 4 : 9 : 5$$

**Tabel 4.3** Rumus konversi thermometer

	Celcius	Fahrenheit	Kelvin	Reamur
Celcius		$C = \frac{5}{9} (F - 32)$	$C = K - 273$	$C = \frac{5}{4} R$
Fahrenheit	$F = \frac{9}{5} C + 32$		$F = \frac{9}{5} (K - 273) + 32$	$F = \frac{9}{4} R + 32$
Kelvin	$K = C + 273$	$K = \frac{5}{9} (F - 32) + 273$		$K = \frac{5}{4} R + 273$
Reamur	$R = \frac{4}{5} C$	$R = \frac{4}{9} (F - 32)$	$R = \frac{4}{5} (K - 273)$	

Kita dapat menentukan sendiri skala suatu termometer. Skala termometer yang kita buat dapat dikonversikan ke skala termometer yang lain apabila pada saat menentukan titik tetap kedua termometer berada dalam keadaan yang sama. Misalnya, kita akan menentukan skala termometer X dan Y. Perhatikan gambar berikut ini.



Termometer X dengan titik tetap bawah Xb dan titik tetap atas Xa. Termometer Y dengan titik tetap bawah Yb dan titik tetap atas Ya. Titik tetap bawah dan titik tetap atas kedua termometer di atas adalah suhu saat es melebur dan suhu saat air mendidih pada tekanan 1 atmosfer. Dengan membandingkan perubahan suhu dan interval kedua titik tetap masing-masing termometer, diperoleh hubungan sebagai berikut.

$$\frac{T_x - X_b}{X_a - X_b} = \frac{T_y - Y_b}{Y_a - Y_b}$$

**Keterangan:**

Xa = titik tetap atas termometer

Xb = titik tetap bawah termometer X

Tx = suhu pada termometer X

Ya = titik tetap atas termometer Y

Yb = titik tetap bawah termometer Y

Ty = suhu pada termometer

**Contoh Soal**

1. Tentukan  $45\text{ }^{\circ}\text{C} = \dots\text{ }^{\circ}\text{F}$  Dengan menggunakan persamaan perbandingan suhu diperoleh

$$F = \frac{9}{5}C + 32 = \left(\frac{9}{5} \times 45\right) + 32 = 113\text{ }^{\circ}\text{F}$$

2. Tentukan  $78\text{ }^{\circ}\text{C} = \dots\text{ K}$  Dengan menggunakan persamaan perbandingan suhu diperoleh

$$K = C + 273 = 78 + 273 = 351\text{ K}$$

3. Termometer X memiliki suhu titik beku  $10^{\circ}$  dan titik didih  $140^{\circ}$ , jika termometer Reamur menunjukkan suhu pada  $60^{\circ}$  maka pada termometer X menunjukkan angka berapa?

$$\frac{T_x - X_b}{X_a - X_b} = \frac{T_r - R_b}{R_a - R_b}$$

$$\frac{T_x - 10}{140 - 10} = \frac{60 - 0}{80 - 0}$$

$$\frac{T_x - 10}{130} = \frac{60}{80}$$

$$\frac{T_x - 10}{130} = \frac{60}{80}$$

$$(T_x - 10) \times 80 = 130 \times 60$$

$$(T_x \times 80) - (10 \times 80) = 7800$$

$$80T_x - 800 = 7800$$

$$80T_x = 7800 + 800$$

$$80T_x = 8600$$

$$T_x = 8600/80$$

$$T_x = 17,5^{\circ}X$$

Jadi suhu yang ditunjukkan pada termometer X adalah  $17,5^{\circ}X$

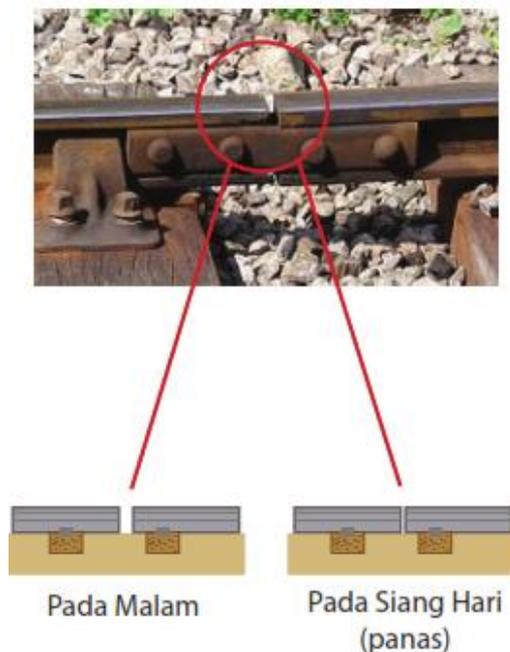
## B. Perubahan Benda Akibat Suhu

Salah satu perubahan yang terjadi pada benda adalah ukuran benda itu berubah. Jika suhu benda naik, secara umum ukuran benda bertambah. Peristiwa ini disebut **pemuaian**.

### 1. Pemuaian Zat Padat

Pemuaian zat padat adalah peristiwa bertambah besarnya ukuran suatu benda padat karena kenaikan suhu yang terjadi pada benda padat tersebut. Peristiwa pemuaian zat padat dapat kita amati misalnya ketika kita menuangkan air panas ke dalam gelas, tiba-tiba gelas tersebut retak. Retaknya gelas ini karena terjadinya pemuaian yang tidak merata pada gelas itu.

Pada umumnya, benda atau zat padat akan memuai atau mengembang jika dipanaskan dan menyusut jika didinginkan. Pemuaian dan penyusutan itu terjadi pada semua bagian benda, yaitu panjang, lebar, dan tebal benda tersebut. Jika benda padat dipanaskan, suhunya akan naik. Pada suhu yang tinggi, atom dan molekul penyusun logam tersebut akan bergetar lebih cepat dari biasanya sehingga logam tersebut akan memuai ke segala arah.



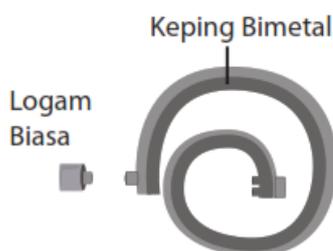
Sumber: Dok. Kemdikbud  
**Gambar 4.7** Rel kereta api dibuat bercelah. Mengapa?



Sumber: Zitzewitz  
**Gambar 4.8** Rel kereta api dapat melengkung akibat pemuaian

### a. Pemuaian Panjang pada Zat Padat

Salah satu logam yang dibuat berdasarkan sifat pemuaian zat padat adalah bimetal yang dimanfaatkan pada termostat. Prinsip kerja termostat yaitu jika udara di ruangan dingin, keping bimetal pada Gambar 4.9 akan menyusut, membengkok ke kiri, dan menyentuh logam biasa sehingga kedua ujungnya saling bersentuhan. Sentuhan antara kedua ujung logam itu menjadikan rangkaian tertutup dan menyalakan pemanas sehingga ruangan menjadi hangat. Jika untuk mengontrol ruangan berpendingin, cara kerjanya serupa. Saat ruangan mulai panas, termostat bengkok dan menghubungkan rangkaian listrik sehingga pendingin kembali bekerja.



Sumber: Dok. Kemdikbud

**Gambar 4.9** Termostat memanfaatkan bimetal

Pada logam yang lain ternyata pertambahan panjang suatu benda karena pemuaian juga berbeda. Besaran yang menentukan pemuaian panjang zat padat adalah koefisien muai panjang. **Koefisien muai panjang suatu zat padat** adalah bilangan yang menunjukkan pertambahan panjang tiap satu satuan panjang zat itu jika suhunya dinaikkan 1 °C.

**Tabel 4.4** Koefisien Muai Panjang

No	Jenis Bahan	Koefisien Muai Panjang/°C
1	Aluminium	0,000026
2	Baja	0,000011
3	Besi	0,000012
4	Emas	0,000014
5	Kaca	0,000009
6	Kuningan	0,000018
7	Tembaga	0,000017
8	Platina	0,000009
9	Timah	0,000003

10	Seng	0,000029
11	Pyrex	0,000003
12	Perak	0,00002

### Penggunaan Matematika

koefisien muai panjang =  $\frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang mula-mula} \times \text{kenaikan suhu}}$

Jika dalam bentuk lambang:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \times \Delta T}$$

Pertambahan panjang merupakan panjang akhir dikurangi panjang mula-mula ( $L_t - L_0$ ).

$$\alpha = \frac{L_t - L_0}{L_0 \times \Delta T}$$

Maka, panjang benda setelah pemuai dapat ditentukan, yakni

$$L = L_0 + L_0 (\alpha \times \Delta T)$$

Atau

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

Keterangan :

L = Panjang zat pada suhu T °C (m)

L<sub>0</sub> = Panjang zat mula – mula (m)

α = koefisien muai Panjang bahan (/°C)

ΔT = perubahan suhu (°C)

#### Contoh soal:

Panjang aluminium pada suhu 30 °C adalah 100 cm. Koefisien muai panjang aluminium adalah 0,000025/°C, maka berapa meter panjang aluminium itu pada suhu 80 °C!

Penyelesaian :

Diketahui :  $L_0 = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$   
 $\alpha = 0,000025/^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 80 - 30 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Ditanya :  $L ?$

Jawab :  $L = L_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T)$   
 $L = 1 (1 + (0,000025 \times 50))$   
 $L = 1 (1 + 0,00125)$   
 $L = 1,00125 \text{ m}$

### b. Pemuaian Luas

Jika suatu benda berbentuk lempengan dipanaskan, pemuaian terjadi pada kedua arah sisi-sisinya. Pemuaian semacam ini disebut **pemuaian luas**. Pemasangan pelat-pelat logam selalu memperhatikan terjadinya pemuaian luas. Pemuaian luas memiliki koefisien muai sebesar dua kali koefisien muai panjang. Berdasarkan data dalam Tabel 4.4, maka lempengan baja memiliki koefisien muai luas sebesar  $0,000022/^\circ\text{C}$ .

$$A_t = A_0 + \Delta A$$

$$A_t = A_0 + (A_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)$$

Keterangan :

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

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

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

$\beta$  = Koefisien muai luas ( $\text{K}^{-1}$  atau  $^\circ\text{C}^{-1}$ )

$\beta = 2\alpha = 2 \times$  koefisien muai Panjang

$\Delta T$  = Perubahan suhu (K atau  $^\circ\text{C}$ )

### c. Pemuaian Volume

Benda-benda yang berdimensi tiga (memiliki panjang, lebar, dan tinggi) akan mengalami muai ruang jika dipanaskan. Pemuaian ruang memiliki koefisien muai tiga kali koefisien muai panjang. Balok baja jika dipanaskan akan memuai dengan koefisien muai sebesar  $0,000033/^\circ\text{C}$ .

$$\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T$$

$$V = \Delta V + V_0$$

$$V = (V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta T) + V_0$$

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

Keterangan :

$V_0$  = Volume awal ( $m^3$ )

$V$  = Volume akhir ( $m^3$ )

$\Delta V$  = Perubahan volume ( $m^3$ )

$\gamma$  = koefisien muai volume ( $K^{-1}$  atau  $^{\circ}C^{-1}$ )

$\gamma = 3\alpha = 3 \times$  koefisien muai Panjang

$\Delta T$  = Perubahan suhu (K atau  $^{\circ}C$ )

## 2. Pemuaiian Zat Cair

Sebagaimana zat padat, zat cair juga memuai jika dipanaskan. Bahkan, pemuaiian zat cair relatif lebih mudah atau lebih cepat teramati dibandingkan dengan pemuaiian zat padat. Pemuaiian pada zat cair merupakan pemuaiian volume. Nilai pemuaiiannya juga dipengaruhi oleh koefisien muainya.

**Tabel 4.5** Koefisien Muai Volume pada Zat Cair

No	Jenis Bahan	Koefisien Muai Volume atau $\gamma$ ( $K^{-1}$ atau $^{\circ}C^{-1}$ )
1	Raksa	0,0002
2	Gliserin	0,0005
3	Minyak Parafin	0,0009
4	Etanol	0,0011
5	Metanol	0,0012

## 3. Pemuaiian Gas

Pada umumnya pemuaiian yang terjadi pada zat gas adalah pemuaiian volume. Koefisien muai volume gas pada umumnya sama besar atau konstan, yaitu :

$$\gamma = \frac{1}{273} \text{ } ^{\circ}C^{-1}$$