

## **Materi Kuliah Fisika Mekanika**

# **Temperatur**

Dosen :  
**Tri Surawan, M.Si**

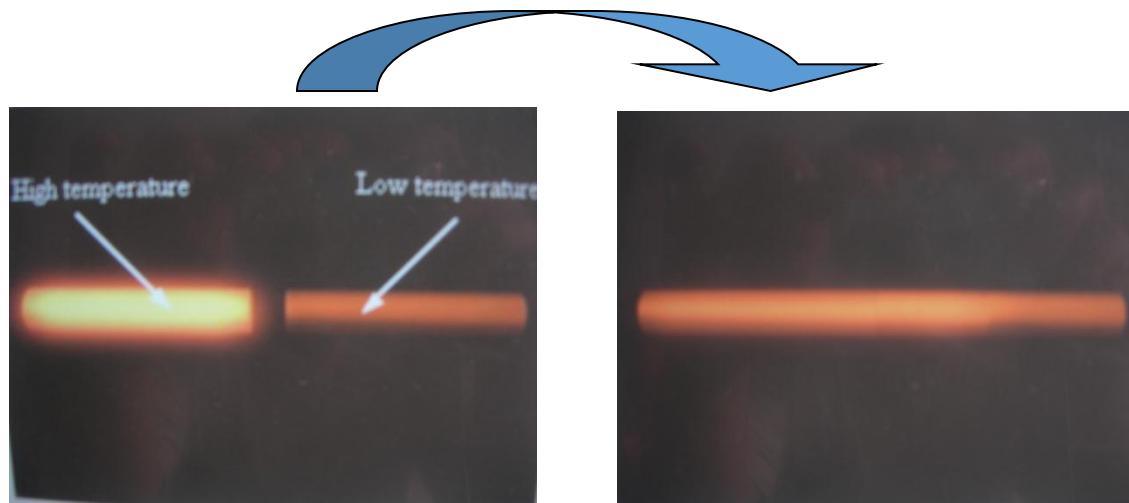
**Fakultas Teknik  
Universitas Jayabaya**

# Yang akan dipelajari

1. Temperatur dan Hukum ke Nol Termodinamika.
2. Thermometer dan Temperatur Skala Celcius.
3. Termometer Gas Volume Konstan dan Skala temperatur Absolut.
4. Ekspansi Termal Zat Padat dan Cair.
5. Penjelasan Makroskopik Gas Ideal.

# Konsep Temperatur

- **Temperatur** adalah derajat panas suatu benda.
  - Dua benda dikatakan berada dalam kesetimbangan termal apabila temperaturnya sama.
- **Kalor (heat)** adalah energi yang mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur rendah.
- Kesetimbangan Termal



- **Menurut Hukum ke Nol Termodinamika :**
  - Jika benda A berada dalam kesetimbangan termal dengan benda B, sedangkan benda B setimbang termal dengan benda C, maka ketiga benda dalam kesetimbangan termal satu terhadap lainnya.

# Termometer

- Alat untuk mengukur temperatur adalah **termometer**.
- Termometer menggunakan benda yang memiliki perubahan fisis tertentu yang berkaitan dengan perubahan temperaturnya.
  - Benda apapun yang memiliki sedikitnya satu sifat yang berubah terhadap perubahan temperatur dapat digunakan sebagai termometer.
  - Sifat semacam ini disebut sebagai sifat termometrik (**thermometric property**).

# Termometer

- **Berdasarkan sifat termometrik, terdapat beberapa jenis termometer, yaitu :**
  - **Termometer zat cair** yang bekerja berdasarkan pemuaian zat cair yang dipanaskan.
  - **Termometer bimetal** yang bekerja berdasarkan pemuaian logam yang dipanaskan.
  - **Termometer hambatan** yang bekerja karena bertambahnya hambatan listrik jika kawat logamnya dipanaskan. Kemudian, akan terjadi pulsa-pulsa listrik yang menunjukkan temperatur yang diukur.
  - **Termokopel** yang bekerja berdasarkan pemuaian dua logam karena ujungnya bersentuhan. Akibatnya timbulah gaya gerak listrik (GGL) dan inilah yang akan menunjukkan temperatur suatu benda
  - **Pyrometer** merupakan alat ukur temperatur yang tinggi ( $500^{\circ}\text{C}$ -  $3.000^{\circ}\text{C}$ ). Alat ini bekerja berdasarkan intensitas radiasi yang dipancarkan oleh benda panas.

# Termometer

- Zat cair yang umum digunakan dalam termometer adalah raksa, karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan zat cair lainnya, yaitu :
  1. Dapat menyerap panas suatu benda yang akan diukur, sehingga temperatur raksa sama dengan temperatur benda yang diukur,
  2. Dapat digunakan untuk mengukur temperatur yang rendah hingga temperatur yang lebih tinggi karena raksa memiliki titik beku pada temperatur  $-39^{\circ}\text{C}$  dan titik didihnya pada temperatur  $357^{\circ}\text{C}$ ,
  3. Tidak membasahi dinding tabung sehingga pengukurannya menjadi lebih teliti,
  4. Pemuaian air raksa linier terhadap kenaikan temperatur, kecuali pada temperatur yang sangat tinggi.
  5. Mudah dilihat karena raksa dapat memantulkan cahaya.

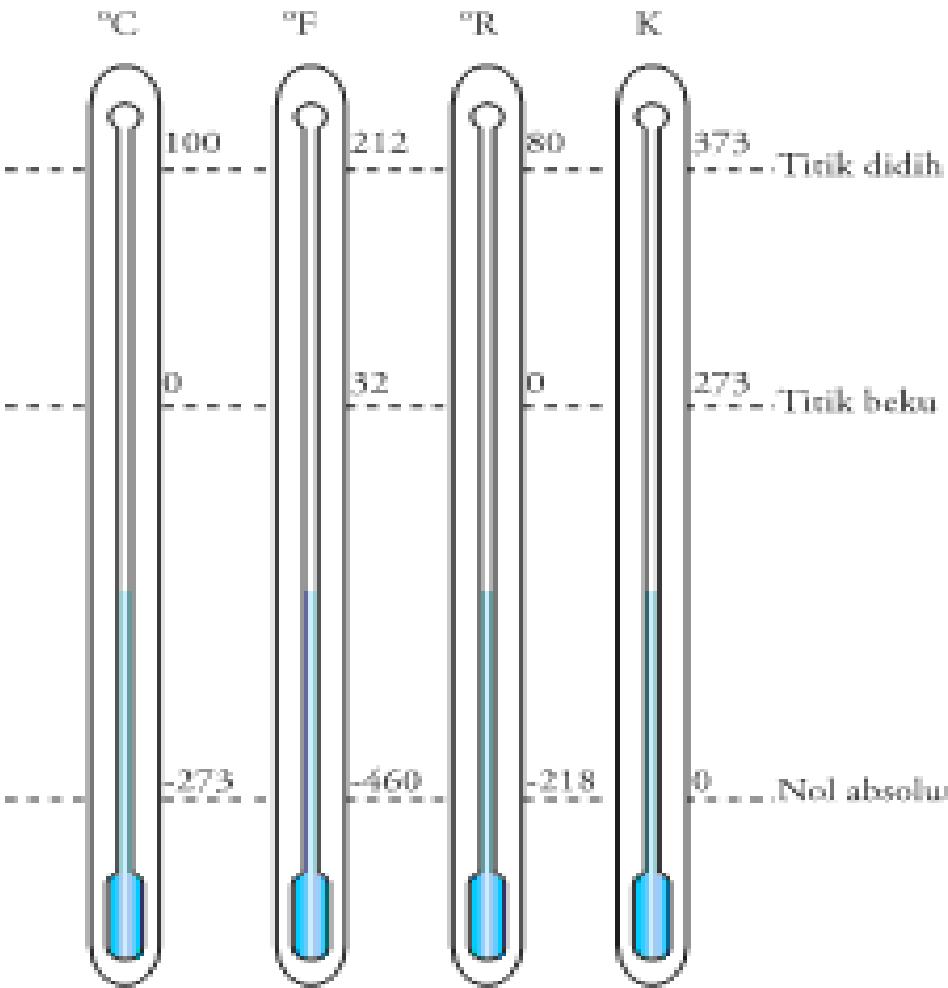
# Termometer

- Alkohol dapat juga digunakan untuk mengisi tabung termometer.
  - Termometer alkohol dapat mengukur temperatur yang lebih rendah karena titik bekunya pada temperatur  $-144^{\circ}\text{C}$ .
  - Akan tetapi, alkohol tidak dapat mengukur temperatur yang tinggi karena titik didihnya hanya  $78^{\circ}\text{C}$ ,
  - Jadi, termometer yang berisi alkohol baik untuk mengukur temperatur yang rendah, tetapi tidak dapat mengukur temperatur yang lebih tinggi.

# Skala Termometer

- Skala temperatur ditentukan oleh dua suhu referensi.
  - **Titik Beku Air** : Suhu dimana air membeku pada tekanan 1 atm.
  - **Titik Didih Air** : Suhu dimana air mendidih pada tekanan 1 atm.
- Rentang temperatur yang dimiliki beberapa skala termometer :
  - a. **Termometer skala Celsius**
    - Memiliki titik beku air  $0^{\circ}\text{C}$  dan titik didih air  $100^{\circ}\text{C}$ .
    - Rentang temperatur berada pada  $0^{\circ}\text{C} – 100^{\circ}\text{C}$
    - dibagi dalam 100 skala.
  - b. **Termometer skala Reamur**
    - Memiliki titik beku air  $0^{\circ}\text{R}$  dan titik didih air  $80^{\circ}\text{R}$ .
    - Rentang temperatur berada pada  $0^{\circ}\text{R} – 80^{\circ}\text{R}$
    - dibagi dalam 80 skala.
  - c. **Termometer skala Fahrenheit**
    - Memiliki titik beku air  $32^{\circ}\text{F}$  dan titik didih air  $212^{\circ}\text{F}$ .
    - Rentang temperatur berada pada  $32^{\circ}\text{F} – 212^{\circ}\text{F}$
    - dibagi dalam 180 skala.
  - d. **Termometer skala Kelvin**
    - Memiliki titik beku air  $273,15\text{ K}$  dan titik didih air  $373,15\text{ K}$ .
    - Rentang temperatur berada pada  $273,15\text{ K} – 373,15\text{ K}$
    - dibagi dalam 100 skala.

# Konversi Skala Termometer



Perbandingan keempat skala termometer tersebut adalah :

$$\frac{C-0}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R-0}{80} = \frac{K-273}{100}$$

atau

$$T^{\circ}\text{C} : (T^{\circ}\text{F} - 32) : T^{\circ}\text{R} = 5 : 9 : 4$$

Konversi Celsius dan Fahrenheit :

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

$$T^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} T^{\circ}\text{C} + 32$$

Konversi Celsius dan Reamur :

$$T^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4} T^{\circ}\text{R}$$

$$T^{\circ}\text{R} = \frac{4}{5} T^{\circ}\text{C}$$

Konversi Fahrenheit dan Reamur :

$$T^{\circ}\text{R} = \frac{4}{9} (T^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$T^{\circ}\text{F} = \frac{9}{4} T^{\circ}\text{R} + 32$$

# Contoh

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

**Penyelesaian :**

$$\frac{C - 0}{100} = \frac{F - 32}{180} = \frac{R - 0}{80} = \frac{K - 273}{100}$$

Konversi dari °F ke Kelvin digunakan :

$$\frac{F - 32}{180} = \frac{K - 273}{100}$$

$$\begin{aligned} K &= (100(F - 32) / 180) + 273 \\ &= (100(95 - 32) / 180) + 273 \\ &= (100(95 - 32) / 180) + 273 \\ &= ((100)(63) / 180) + 273 \\ &= 35 + 273 \\ &= 308 K \end{aligned}$$

# Contoh soal

Setarakanlah temperatur berikut :

- a.  $40^{\circ}\text{R} = \dots^{\circ}\text{C}$
- b.  $20^{\circ}\text{C} = \dots^{\circ}\text{R}$
- c.  $50^{\circ}\text{F} = \dots^{\circ}\text{R}$
- d.  $59^{\circ}\text{F} = \dots^{\circ}\text{C}$

## Penyelesaian:

a. Dari  $^{\circ}\text{R}$  ke  $^{\circ}\text{C}$ , digunakan :

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{C} &= 5/4 \times T^{\circ}\text{R} \\ &= 5/4 \times (40)^{\circ}\text{R} \\ &= 50^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Jadi,  $40^{\circ}\text{R} = 50^{\circ}\text{C}$

b. Dari  $^{\circ}\text{C}$  ke  $^{\circ}\text{R}$ , digunakan :

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{R} &= 4/5 \times T^{\circ}\text{C} \\ &= 4/5 \times (20)^{\circ}\text{C} \\ &= 16^{\circ}\text{R} \end{aligned}$$

Jadi,  $20^{\circ}\text{C} = 16^{\circ}\text{R}$

c. Dari  $^{\circ}\text{F}$  ke  $^{\circ}\text{R}$ , digunakan :

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{R} &= 4/9 \times (T^{\circ}\text{F} - 32) \\ &= 4/9 \times (50 - 32) \\ &= 8^{\circ}\text{ R} \end{aligned}$$

Jadi,  $50^{\circ}\text{F} = 8^{\circ}\text{R}$

d. Dari  $^{\circ}\text{F}$  ke  $^{\circ}\text{C}$ , digunakan :

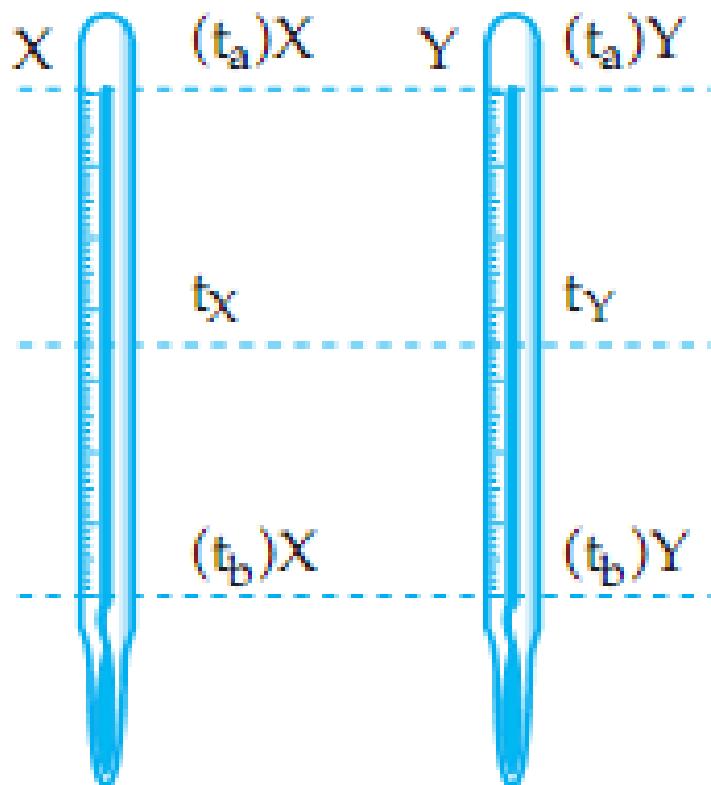
$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{C} &= 5/9 \times (T^{\circ}\text{F} - 32) \\ &= 5/9 \times (59 - 32) \\ &= 15^{\circ}\text{ C} \end{aligned}$$

Jadi,  $59^{\circ}\text{F} = 15^{\circ}\text{C}$

# Skala Termometer

Secara umum hubungan termometer yang satu dengan yang lain adalah kesetaraan skala termometer dan dapat dilakukan dengan cara membandingkan.

Pada termometer X dan Y berlaku perbandingan sebagai berikut.



$$\frac{(t_a)^o X - T^o X}{(t_a)^o X - (t_b)^o X} = \frac{(t_a)^o Y - T^o Y}{(t_a)^o Y - (t_b)^o Y}$$

$t_a$  = temperatur acuan atas.  
= titik didih air

$t_b$  = temperatur acuan bawah.  
= titik beku air

# Contoh soal

Termometer X dapat mengukur air membeku pada skala -40 dan air mendidih pada skala 160. Jika suatu benda diukur termometer Celcius menunjukkan nilai 25°C maka tentukan nilai yang ditunjukkan saat diukur dengan termometer X!

## Penyelesaian

Titik beku air 0°C atau -40°X

Titik didih air 100°C atau 160°X

$$\frac{(t_a)^o X - T^o X}{(t_a)^o X - (t_b)^o X} = \frac{(t_a)^o Y - T^o Y}{(t_a)^o Y - (t_b)^o Y}$$

$$\frac{160^o X - T^o X}{160^o X - (-40^o X)} = \frac{100^o C - 25^o C}{100^o C}$$

$$\frac{160^o X - T^o X}{200^o X} = \frac{75^o C}{100^o C}$$

$$160 - T^o X = \frac{(200)(75)}{100}$$

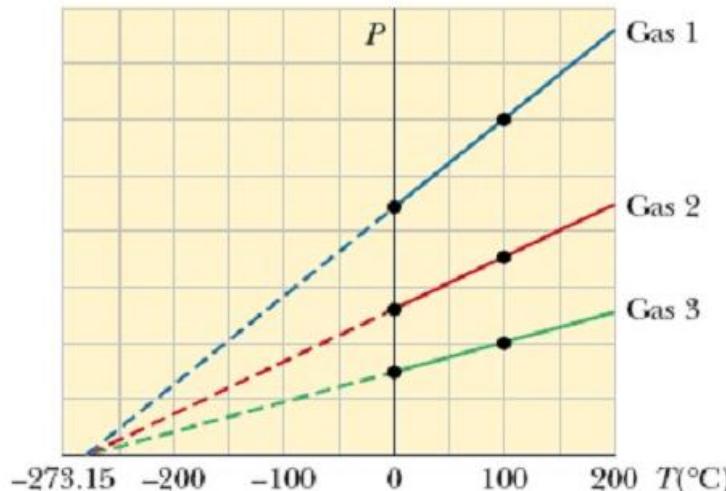
$$\begin{aligned} T^o X &= 160 - 150 \\ &= 10^o X \end{aligned}$$

# Termometer

## Termometer Gas Volume Konstan

Termometer ini menggunakan gas yang memiliki kerapatan rendah sebagai bahan pengukur suhunya.

Ketika volumenya dijaga tetap, jika suhu gas meningkat, maka tekanannya akan meningkat secara linier.



Hubungan tekanan dan temperatur untuk beberapa gas menunjukkan kemiringan garis berbeda-beda, tetapi semuanya memiliki titik potong terhadap sumbu T yang sama. Ini menunjukkan bahwa pada tekanan nol, semua gas memiliki nilai suhu yang sama.

Hal ini menunjukkan adanya nilai nol mutlak untuk temperatur yaitu  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Satuan skala bawah Kelvin, mengacu pada nilai nol mutlak ini ( $-273,15^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$ ).

Sebagai titik acuan kedua Kelvin adalah titik ketika air sedang membeku, yaitu  $273,15\text{ K}$

# Pemuaihan

Ukuran suatu benda akan berubah bila suhunya dinaikkan.

Kebanyakan benda, memuai jika dipanaskan dan menyusut bila didinginkan.

Pada tingkat mikroskopik, ekspansi termal pada zat padat ada penambahan jarak pemisahan rata-rata di antara atom-atom di dalam zat.

## Muai Panjang

$$\Delta L = \alpha L_o \Delta T$$

atau

$$L = L_o (1 + \alpha \Delta T)$$

$\alpha$  = koefisien muai panjang ( $K^{-1}$ )

## Muai Luas

$$\Delta A = \beta A_o \Delta T$$

atau

$$A = A_o (1 + \beta \Delta T)$$

$\beta$  = koefisien muai luas ( $K^{-1}$ ),  
(  $\beta \approx 2 \alpha$  )

## Muai Volume

$$\Delta V = \gamma V_o \Delta T$$

atau

$$V = V_o (1 + \gamma \Delta T)$$

$\gamma$  = koefisien muai volume ( $K^{-1}$ ),  
(  $\gamma \approx 3 \alpha$  dan  $\gamma \approx 3/2 \beta$  )

Bahan	$\alpha \left( \frac{1}{K} \right)$
Aluminium	$24 \times 10^{-6}$
Kuningan	$19 \times 10^{-6}$
Karbon	
Intan	$1,2 \times 10^{-6}$
Grafit	$7,9 \times 10^{-6}$
Tembaga	$17 \times 10^{-6}$
Gelas	
Biasa	$9 \times 10^{-6}$
Pyrex	$3,2 \times 10^{-6}$
Es	$51 \times 10^{-6}$
Invar	$1 \times 10^{-6}$
Baja	$11 \times 10^{-6}$

# Contoh soal

Jika suhunya dinaikkan  $100^{\circ}\text{C}$  sebatang baja yang memiliki panjang 1 m bertambah panjang 1 mm. Berapakah pertambahan panjang batang baja yang memiliki panjang 20 cm jika suhunya dinaikkan  $50^{\circ}\text{C}$ ?

**Penyelesaian :**

Diketahui:

$$L_0_1 = 100 \text{ cm} ; \quad L_0_2 = 20 \text{ cm}$$

$$\Delta T_1 = 100^{\circ}\text{C} ; \quad \Delta T_2 = 50^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta L_1 = 1 \text{ mm} = 0,1 \text{ cm}$$

Jawab:

Karena jenis bahan sama (baja), maka:

$$\alpha_1 = \alpha_2$$

$$\frac{\Delta L_1}{L_0_1 \cdot \Delta T_1} = \frac{\Delta L_2}{L_0_2 \cdot \Delta T_2}$$

$$\frac{0,1}{(100)(100)} = \frac{\Delta L_2}{(20)(50)}$$

$$10000 \Delta L_2 = (0,1)(1000)$$

$$\begin{aligned} \Delta L_2 &= 0,01 \text{ cm} \\ &= 0,1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi, pertambahan panjang batang baja adalah 0,1 mm.

# Contoh

Sebuah bola yang memiliki volume  $50 \text{ m}^3$  dipanaskan hingga mencapai temperatur  $50^\circ\text{C}$ . Jika pada kondisi awal memiliki temperatur  $0^\circ\text{C}$ , tentukanlah volume akhir bola tersebut setelah terjadi pemuaian (Diketahui  $\alpha_{\text{bola}} = 17 \times 10^{-6} / \text{K}$ )

**Penyelesaian :**

Diketahui:

$$V_0 = 50 \text{ m}^3$$

$$\Delta T = 50^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C} = 323,15 \text{ K}$$

$$\gamma = 3\alpha = 51 \times 10^{-6} / \text{K}$$

Jawab

$$\begin{aligned}\Delta V &= \gamma V_0 \Delta T \\ &= 51 \times 10^{-6} / \text{K} \times 50 \text{ m}^3 \times 323,15 \text{ K} \\ &= 0,82 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta V &= V - V_0 \\ V &= \Delta V + V_0 \\ &= 0,82 \text{ m}^3 + 50 \text{ m}^3 \\ &= 50,82 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Jadi, volume akhir bola setelah pemuaian adalah  $50,82 \text{ m}^3$

# Contoh soal

Sebuah bejana tembaga dengan volume  $100 \text{ cm}^3$  diisi penuh dengan air pada suhu  $30^\circ\text{C}$ . Kemudian keduanya dipanasi hingga suhunya  $100^\circ\text{C}$ . Jika  $\alpha_{\text{tembaga}} = 1,8 \times 10^{-5} /^\circ\text{C}$  dan

$\gamma_{\text{air}} = 4,4 \cdot 10^{-4} /^\circ\text{C}$ , berapa volume air yang tumpah saat itu?

## Penyelesaian:

Diketahui:

$$V_o \text{ tembaga} = V_o \text{ air} = 100 \text{ cm}^3$$

$$\Delta T = 100^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}$$

$$\alpha \text{ tembaga} = 1,8 \times 10^{-5} /^\circ\text{C}$$

$$(\gamma \text{ tembaga} = 5,4 \times 10^{-5} /^\circ\text{C})$$

$$\gamma \text{ air} = 4,4 \cdot 10^{-4} /^\circ\text{C}$$

Jawab:

Untuk pemuaian tembaga :

$$\begin{aligned} V_t &= V_o (1 + \gamma \cdot \Delta t) \\ &= 100 (1 + 5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 70) \\ &= 100,378 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Untuk pemuaian air :

$$\begin{aligned} V_t &= V_o (1 + \gamma \cdot \Delta t) \\ &= 100 (1 + 4,4 \cdot 10^{-4} \cdot 70) \\ &= 103,08 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } V \text{ air yang tumpah} &= V_t \text{ air} - V_t \text{ tembaga} \\ &= 103,08 - 100,378 \\ &= 2,702 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

# Anomali Air

Cairan pada umumnya, volume akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur.

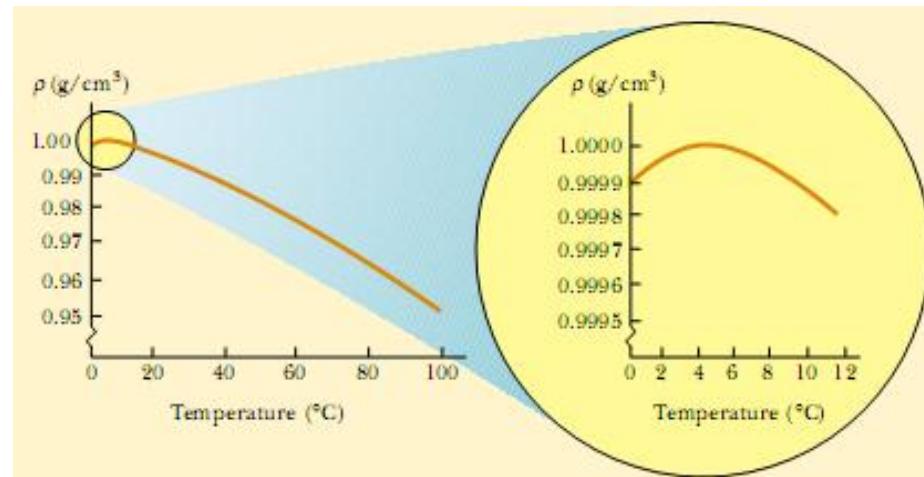
Tetapi pada air :

$0^{\circ}\text{C} \rightarrow 4^{\circ}\text{C}$  : volume mengecil dan massa jenis ( $\rho$ ) meningkat.

Di atas  $4^{\circ}\text{C}$  : volume meningkat dan massa jenis ( $\rho$ ) menurun.

Maka,

Massa jenis Air ( $\rho_{\text{air}}$ ) mencapai maksimum ( $1000 \text{ g/cm}^3$ ) pada  $4^{\circ}\text{C}$ .



Perilaku air ini sangat penting untuk bertahannya kehidupan di dalam air laut selama musim dingin

# Anomali Air

- Perilaku air yang menyimpang ini sangat penting untuk bertahannya kehidupan air selama musim dingin.
  - Ketika musim dingin, suhu air di permukaan mulai mendingin karena kontak dengan udara sekitarnya yang dingin.
  - Ketika air di permukaan mencapai suhu 4°C maka air akan terbenam karena massa jenisnya mencapai terbesar sehingga digantikan oleh air yang lebih hangat dari bawah naik ke permukaan.
  - Air di permukaan tersebut kemudian membeku menjadi es dan tetap berada di permukaan karena  $\rho_{\text{es}} < \rho_{\text{air}}$  pada 4°C.
- Sehingga kehidupan air akan tetap bisa bertahan di dalam air yang berada di bawah lapisan es di atasnya.

# Contoh soal

Kerapatan air pada 4°C adalah  $1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Berapakah densitas air pada suhu 94°C? ( koefisien muai volume  $\beta_{\text{air}} = 210 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$  )

Penyelesaian :

Densitas air pada 4°C adalah :

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{1.00 \times 10^3 \text{ kg}}{1.00 \text{ m}^3}$$

Ketika air dipanaskan maka massanya akan tetap, tetapi volumenya akan meningkat :

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T = (210 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}) (1.00 \text{ m}^3) (94^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C}) = 1.89 \times 10^{-2} \text{ m}^3$$

Maka, densitas air pada 94°C adalah :

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{1.00 \times 10^3 \text{ kg}}{1.00 \text{ m}^3 + 1.89 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = \boxed{981 \text{ kg/m}^3}$$

# Makroskopik Gas Ideal

- **Sifat makroskopik gas** adalah sifat dari besaran-besaran gas yang dapat diukur dengan alat ukur secara langsung.
  - Contoh :
    - suhu, tekanan, dan volume.
- **Sifat mikroskopik gas** adalah sifat gas yang tidak dapat diukur secara langsung.
  - Contoh :
    - kelajuan, energi kinetik, momentum, dan massa tiap partikel penyusun gas.

# Prinsip Avogadro

- **Satu mol** zat adalah sejumlah zat yang berisi partikel (atom atau molekul) sebanyak bilangan Avogadro ( $6,022 \times 10^{23}$ ).
- Hubungan jumlah mol (n) suatu zat dengan massanya (m) adalah :

$$n = \frac{m}{M}$$

- Dimana M adalah massa molar zat.
  - Untuk zat atom adalah  $A_r$  (massa atom relatif).
  - Untuk zat molekul adalah  $M_r$  (massa molekul relatif).

# Contoh

Setetes raksa berbentuk bola memiliki jari-jari,  $r = 0,4$  mm. Berapa banyak atom raksa dalam tetesan tersebut jika diketahui  $M_r$  raksa = 202 g/mol dan massa jenis raksa  $\rho = 13.600$  kg/m<sup>3</sup>?

Penyelesaian :

Diketahui:

$$r = 0,4 \text{ mm} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ m} ; M_r = 202 \text{ g/mol, dan } \rho = 13.600 \text{ kg/m}^3.$$

Jawab

Massa raksa:

$$\begin{aligned}m &= \rho V = \rho \left( \frac{4}{3} \pi r^3 \right) \\&= 13.600 \text{ kg/m}^3 \times \frac{4}{3} \times \pi \times (0,4 \times 10^{-3} \text{ m})^3 \\&= 3,6 \times 10^{-6} \text{ kg} \\&= 3,6 \times 10^{-3} \text{ g}\end{aligned}$$

Banyak atom raksa :

$$\begin{aligned}N &= n N_A \\&= (1,78 \times 10^{-5}) (6,02 \times 10^{23}) \\&= 1,07 \times 10^{19} \text{ atom.}\end{aligned}$$

Jumlah mol raksa:

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{3,6 \times 10^{-3}}{202} \text{ mol} = 1,78 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

# Persamaan Keadaan Gas Ideal

Hubungan antara tekanan, volume, dan suhu gas didapatkan dari Hukum Boyle dan Hukum Gay Lussac, dapat diturunkan suatu persamaan yang disebut **persamaan keadaan gas ideal**.

Secara matematis, Hukum Boyle – Gay Lussac dinyatakan :

$$\frac{pV}{T} = \text{konstan}$$

atau

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Oleh karena setiap proses yang dilakukan pada gas yang berada dalam ruang tertutup, maka jumlah molekul gas yang terdapat di dalam ruang tersebut dapat dinyatakan sebagai jumlah mol gas (n) yang jumlahnya selalu tetap.

# Persamaan Keadaan Gas Ideal

Secara umum, persamaan keadaan gas ideal dinyatakan :

$$\frac{pV}{T} = nR \quad \text{atau} \quad pV = nRT$$

Karena  $n = m / Mr$ , maka :

$$pV = \left( \frac{m}{Mr} \right) RT$$

dimana:

$n$  = jumlah mol gas,  
 $R$  = tetapan umum gas  
= 8,31 J/mol K,  
= 0,082 L atm/mol K  
 $p$  = tekanan (N/m<sup>2</sup>),  
 $V$  = volume (m<sup>3</sup>), dan  
 $T$  = temperatur (K).

**Menurut prinsip Avogadro :**

*satu mol gas mengandung jumlah molekul gas yang sama.*

$$pV = \left( \frac{N}{N_A} \right) RT \quad \text{atau} \quad pV = N \left( \frac{R}{N_A} \right) T \quad \text{atau} \quad pV = NkT$$

dengan:

$N$  = Banyak partikel gas, dan

$N_A$  = Bilangan avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$  molekul/mol

$k$  = konstanta Boltzmann =  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K

# Contoh soal

Pada keadaan standar (STP), berapa volume 42 gram gas O<sub>2</sub> ?  
(M<sub>r</sub> O<sub>2</sub> = 32)

**Penyelesaian :**

Jumlah mol O<sub>2</sub> adalah :

$$n = \frac{m}{M_r} = \frac{42}{32} = 1,3 \text{ mol}$$

Keadaan standart (STP) artinya P = 1 atm dan T = 0°C = 273 K

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{(1,3)(0,082)(273)}{1} = 29,4 \text{ Liter}$$

# Contoh soal

Gas nitrogen berada di dalam ruangan tertutup dengan volume 83,14 cm<sup>3</sup>. Tekanan di dalam ruangan tersebut 0,75 atm pada temperatur 27°C. Tentukan banyaknya molekul gas nitrogen di dalam ruangan tersebut.

Penyelesaian :

Diketahui:

$$V = 83,14 \text{ cm}^3 = 83,14 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$P = 0,75 \text{ atm} = 7,5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$

Jawab :

Dari persamaan keadaan gas ideal :

$$P V = N k T$$

banyaknya molekul gas nitrogen adalah :

$$N = \frac{PV}{kT} = \frac{(7,5 \times 10^4)(83,14 \times 10^{-6})}{(1,38 \times 10^{-23})(300)} = 1,5 \times 10^{21} \text{ molekul}$$

# Contoh soal

Sebuah tangki penyimpanan berisi 21,6 kg nitrogen ( $N_2$ ) pada tekanan absolut 3,65 atm. Dianggap volume dan temperatur adalah konstan. Berapa tekanannya jika nitrogen tersebut diganti dengan massa yang sama dari  $CO_2$ ?  
( $M_r N_2 = 28 \times 10^{-3}$  kg/mol,  $CO_2 = 44 \times 10^{-3}$  kg/mol)

## Penyelesaian :

Misalkan nitrogen dan  $CO_2$  dianggap sebagai gas ideal, dianggap volume dan temperatur adalah konstan.

Menurut persamaan gas ideal :

$$PV = nRT$$

$$\frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2}$$

$$P_2 = P_1 \frac{n_2}{n_1} = (3.65 \text{ atm}) \left( \frac{\frac{21.6 \text{ kg } CO_2}{44 \times 10^{-3} \text{ kg } CO_2/\text{mol}}}{\frac{21.6 \text{ kg } N_2}{28 \times 10^{-3} \text{ kg } N_2/\text{mol}}} \right) = (3.65 \text{ atm}) \left( \frac{28}{44} \right) = \boxed{2.32 \text{ atm}}$$

Terima Kasih