

PEMUAIAN ZAT

A. PEMUAIAN ZAT

Ketika dipanaskan, partikel-partikel saling menjauh sehingga benda memuai. Sebaliknya ketika didinginkan, partikel-partikel saling mendekat sehingga benda menyusut. Pemuaian dialami oleh zat padat, zat cair dan gas.

A.1 Pemuaian Zat Padat

Pemuaian zat padat meliputi pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.

A.1.1. Pemuaian Panjang

Pemuaian panjang zat padat, ΔL , bergantung pada :

- (1) panjang awal benda sebelum dipanaskan, L_0
- (2) kenaikan suhu, ΔT
- (3) jenis bahan (koefisien muai panjang, α)

Secara matematis, pertambahan panjang zat padat dirumuskan oleh :

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

Sedangkan panjang akhir benda ditentukan dengan rumus :

$$L_t = L_0 + \Delta L \quad \text{atau} \quad L_t = L_0(1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Dimana : ΔL = pertambahan panjang (m)

L_0 = panjang awal benda (m)

α = koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$)

ΔT = kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

L_t = panjang akhir benda (m)

Besar koefisien muai panjang beberapa zat padat dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Koefisien muai panjang zat padat

Jenis bahan	Koefisien muai panjang ($^{\circ}\text{C}$)
Aluminium	0,000 026
Baja	0,000 011
Besi	0,000 012
Kaca	0,000 009
Kuningan	0,000 019
Platina	0,000 009
Pyrex	0,000 003
Tembaga	0,000 012

Contoh 4.1 :

Sebuah baja (koefisien muai panjangnya $0,000\ 012\ ^{\circ}\text{C}$) mempunyai panjang 20 m pada suhu 25°C . Jika baja dipanasi sampai suhunya menjadi 45°C , tentukanlah :

- a. pertambahan panjang baja
- b. panjang akhir baja

Jawab :

panjang awal, $L_0 = 20\ \text{m}$

kenaikan suhu, $\Delta T = T - T_0 = 45 - 25 = 20\ ^{\circ}\text{C}$

koefisien muai panjang, $\alpha = 0,000\ 012\ ^{\circ}\text{C}$

Pertambahan panjang dapat dihitung dengan rumus :

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \\ &= (20) \cdot (0,000\ 012) \cdot (20) \\ &= 0,0048\ \text{m} = 4,8\ \text{mm} \end{aligned}$$

Panjang akhir baja :

$$L_t = L_0 + \Delta L = 20 + 0,0048 = 20,0048\ \text{m}$$

Jadi pertambahan panjang baja adalah 4,8 mm dan panjang akhirnya menjadi 20,0048 m

A.1.2. Pemuaiian Luas

Secara matematis, pertambahan luas dan luas akhir zat padat dirumuskan oleh :

$$\Delta A = A_o \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad A_t = A_o + \Delta A \quad \text{atau} \quad A_t = A_o(1 + \beta \cdot \Delta T)$$

Dimana : ΔA = pertambahan luas (m^2)

A_o = luas awal benda (m^2)

$\beta = 2\alpha$ = koefisien muai luas ($/^\circ C$)

ΔT = kenaikan suhu ($^\circ C$)

A_t = luas akhir benda (m^2)

A.1.3. Pemuaiian Volume

Secara matematis, pertambahan volume dan volume akhir zat padat dirumuskan oleh :

$$\Delta V = V_o \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad V_t = V_o + \Delta V \quad \text{atau} \quad V_t = V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

Dimana : ΔV = pertambahan volume (m^3)

V_o = volume awal benda (m^3)

$\gamma = 3\alpha$ = koefisien muai volume ($/^\circ C$)

ΔT = kenaikan suhu ($^\circ C$)

V_t = volume akhir benda (m^3)

Contoh 4.2 :

Sebuah balok baja (koefisien muai panjang baja $0,000\ 011 /^\circ C$) mempunyai volume $200\ cm^3$ pada suhu $25^\circ C$. Jika balok baja dipanasi sampai suhunya menjadi $75^\circ C$, tentukanlah volume baja setelah dipanaskan !

Jawab :

volume awal, $V_o = 200\ cm^3$

kenaikan suhu, $\Delta T = T - T_o = 75 - 25 = 50\ ^\circ C$

koefisien muai panjang, $\alpha = 0,000\ 011 /^\circ C$

$\gamma = 3\alpha = 3(0,000\ 011) /^\circ C = 0,000\ 033 /^\circ C$

Pertambahan volume : $\Delta V = V_o \cdot \gamma \cdot \Delta T$
 $= (200) \cdot (0,000\ 033) \cdot (50)$
 $= 0,33\ cm^3$

Volume akhir balok baja : $V_t = V_o + \Delta V$
 $= 200 + 0,33$
 $= 200,33\ cm^3$

Jadi volume balok baja setelah dipanaskan menjadi $200,33\ cm^3$.

A.2 Pemuaiian Zat Cair

Sifat utama zat cair adalah mengikuti bentuk wadahnya, jika zat cair dituangkan kedalam gelas bentuknya mengikuti bentuk gelas. Karena sifat inilah maka zat cair hanya memiliki muai volume.

Rumus muai volume untuk zat cair :

$$\Delta V = V_o \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad V_t = V_o + \Delta V \quad \text{atau} \quad V_t = V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T)$$

Dimana : ΔV = pertambahan volume (m^3)

V_o = volume awal benda (m^3)

γ = koefisien muai volume zat cair ($/^\circ C$)

ΔT = kenaikan suhu ($^\circ C$)

V_t = volume akhir benda (m^3)

Jika suatu wadah/bejana diisi dengan zat cair sampai penuh, kemudian keduanya dipanaskan maka volume zat cair yang tumpah dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{tumpah} = V_o(\gamma - 3\alpha)\Delta T$$

Dimana : V_o = volume awal zat cair = volume awal bejana (m^3)

γ = koefisien muai volume zat cair ($/^\circ C$)

α = koefisien panjang bejana ($/^\circ C$)

ΔT = kenaikan suhu ($^\circ C$)

Besar koefisien muai volume beberapa zat cair dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Koefisien muai volume zat cair

Jenis zat cair	Koefisien muai volume ($^{\circ}\text{C}$)
Air	0,00044
Air raksa	0,00018
Alkohol	0,00120
Aseton	0,00150
Gliserin	0,00053
Minyak parafin	0,00090
Terpentin	0,00105

Contoh 4.3 :

Sebuah bejana aluminium berisi penuh air sejumlah 2000 mL. Bejana dipanaskan dari 20°C menjadi 70°C . Berapa banyak air yang tumpah jika koefisien muai panjang aluminium $0,000\ 026\ ^{\circ}\text{C}$ dan koefisien muai ruang air $0,000\ 44\ ^{\circ}\text{C}$?

Jawab :

Diketahui :

Aluminium

Air

$V_o = 2000\ \text{mL}$

$V_o = 2000\ \text{mL}$

$\Delta T = 70 - 20 = 50\ ^{\circ}\text{C}$

$\Delta T = 70 - 20 = 50\ ^{\circ}\text{C}$

$\gamma = 3\alpha = 0,000\ 078\ ^{\circ}\text{C}$

$\gamma = 0,000\ 44\ ^{\circ}\text{C}$

Ditanyakan volume air yang tumpah ($V_t\ \text{air} - V_t\ \text{aluminium}$)

Cara pertama :

Pertama kita cari volume akhir bejana aluminium :

$$\begin{aligned} V_t &= V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T) \\ &= 2000(1 + 0,000\ 078 \times 50) \\ &= 2007,8\ \text{mL} \end{aligned}$$

Lalu kita cari volume akhir air :

$$\begin{aligned} V_t &= V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T) \\ &= 2000(1 + 0,000\ 44 \times 50) \\ &= 2044\ \text{mL} \end{aligned}$$

Karena volume akhir air lebih besar daripada volume akhir bejana aluminium, air akan tumpah. Volume air yang tumpah adalah :

$$\begin{aligned} V_{tumpah} &= V_t\ \text{air} - V_t\ \text{aluminium} \\ &= 2044 - 2007,8 \\ &= 36,2\ \text{mL} \end{aligned}$$

Jadi volume air yang tumpah dari bejana adalah 36,2 mL

Cara Kedua :

Volume air yang tumpah juga dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

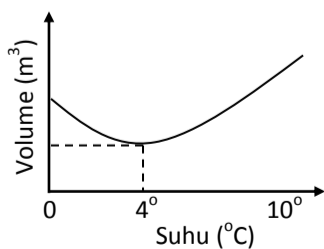
$$\begin{aligned} V_{tumpah} &= V_o(\gamma - 3\alpha)\Delta T \\ &= 2000.(0,000\ 44 - 0,000\ 078).50 \\ &= 36,2\ \text{mL} \end{aligned}$$

Catatan :

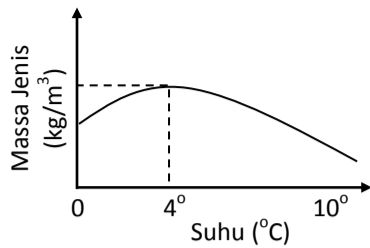
Hati-hati dalam menggunakan cara kedua. Rumus tersebut berlaku jika volume bejana sama dengan volume zat cair (bejana diisi penuh zat cair)

Sifat Anomali Air

Beberapa zat tidak selalu memuai jika dipanaskan, diantara suhu-suhu tertentu zat tersebut dapat menyusut. Contoh hal tersebut adalah air pada suhu $0\ ^{\circ}\text{C}$ sampai $4\ ^{\circ}\text{C}$. Diantara suhu tersebut air menyusut dan mencapai volume minimum pada suhu $4\ ^{\circ}\text{C}$ (lihat gambar 4.1). Sewaktu menyusut, massa air tetap sehingga pada suhu 4°C massa jenis air mencapai maksimum (lihat gambar 4.2).



Gambar 4.1 Volume air sebagai fungsi dari suhu



Gambar 4.2 Massa jenis air sebagai fungsi dari suhu

Contoh 4.4 :

Alkohol pada suhu 0°C memiliki volume 100 cm³ dan massa jenisnya 0,8 g/cm³. Berapakah massa jenis alkohol pada suhu 50°C jika diketahui koefisien muai ruangnya 0,0012 /°C)

Jawab :

Pada suhu 0 °C, massa alkohol adalah : $m = \rho \cdot V = 0,8 \times 100 = 80$ gram

Pada suhu 50 °C massa alkohol tetap 80 gram, tetapi volumenya memuai menjadi : $V_t = V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T) = 100(1 + 0,0012 \times 50) = 106$ cm³

Dengan demikian, massa jenis alkohol pada 50 °C adalah :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{80}{106} = 0,75 \text{ g/cm}^3.$$

Jadi volume alkohol bertambah karena memuai ketika dipanaskan, tetapi massa jenisnya berkurang.

Contoh 4.5 :

Bagaimana ikan dan biota air lainnya dapat bertahan hidup selama musim dingin ?

Jawab :

Anomali air sangat penting artinya bagi kehidupan ikan dan tumbuh-tumbuhan di dalam air pada saat cuaca sangat dingin. Ketika air dalam telaga atau danau mencapai suhu di bawah 4°C, pertambahan volume air karena pemuaian akan memperkecil massa jenis air yang lebih dingin. Air yang lebih dingin akan bergerak ke permukaan telaga karena massa jenisnya lebih kecil, sedangkan air 4°C dengan massa jenis lebih besar (perhatikan gambar 4.1 dan gambar 4.2) akan tenggelam ke dasar sungai. Sebagai hasil, air di permukaan akan membeku terlebih dahulu dan terbentuk lapisan es, sebab air di permukaanlah yang mencapai suhu 0°C. Air di bawah lapisan es tidak pernah membeku, sehingga ikan dan tumbuhan air dapat bertahan hidup selama musim dingin.

A.3. Pemuaian Gas

Gas memuai 1000 kali lebih besar dibandingkan zat padat, dan 10 – 100 kali lebih besar dibandingkan dengan zat cair. Untuk menghitung besarnya pemuaian volume suatu gas, rumus yang digunakan sama dengan rumus pemuaian volume untuk zat cair.

Koefisien muai ruang gas (γ) untuk semua jenis gas besarnya sama yaitu $\frac{1}{273}$ / °C. Nilai ini pertama kali ditentukan oleh Joseph Louis Gay Lussac (1778-1850), seorang ilmuwan Perancis.

Contoh 4.6 :

Sebuah gas pada tekanan tetap pada suhu 0 °C memiliki volume 12 m³. Berapakah volume gas itu pada suhu 546 °C ?

Jawab :

volume awal gas, $V_o = 12$ m³

koefisien muai gas, $\gamma = \frac{1}{273}$ / °C

kenaikan suhu, $\Delta T = 546 - 0 = 546$ °C

volume akhir gas, $V_t = \dots ?$

$$V_t = V_o(1 + \gamma \cdot \Delta T) = 12(1 + \frac{1}{273} \times 546) = 36 \text{ m}^3$$

Jadi volume gas tersebut menjadi 36 m³.

B. MANFAAT DAN MASALAH AKIBAT PEMUAIAN ZAT

B.1. Manfaat Akibat Pemuaian Zat

Beberapa pemanfaat pemuaian zat dalam kehidupan adalah :

- (1) Pengelingan pelat logam
- (2) Keping bimetal yang dimanfaatkan pada alat-alat seperti sakelar termal, termostat bimetal, termometer bimetal, lampu sen mobil
- (3) Pemuaian raksa pada termometer

(4) Pemasangan roda pada ban baja lokomotif

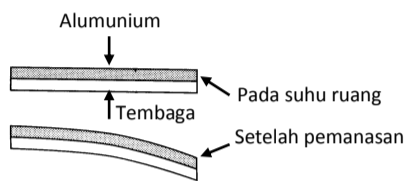
B.2. Masalah Akibat Pemanasan Zat

Beberapa masalah akibat pemuaian zat :

- (1) Pemasangan kaca jendela
- (2) Sambungan rel kereta api
- (3) Celah pada konstruksi jembatan
- (4) Celah pemuaian pada sambungan jembatan
- (5) Kawat telepon dan kawat listrik

Contoh 4.5 :

Keping bimetal terdiri dari sambungan dua logam yang berbeda, misalnya aluminium dan tembaga. Dengan kenaikan suhu, terjadi pemuaian panjang sehingga keping yang awalnya lurus berubah menjadi melengkung seperti pada gambar berikut ini. Jelaskan mengapa terjadi hal demikian !



Jawab .

Pada suhu ruang kedua logam mempunyai panjang yang sama. Setelah dipanaskan terjadi pemuaian. Karena koefisien panjang kedua logam tidaklah sama, maka panjang akhirnya menjadi tidak sama pula. Logam yang koefisien muai panjangnya lebih besar menjadi lebih panjang dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga bentuknya menjadi melengkung ke arah logam yang koefisiennya lebih kecil. Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa koefisien muai panjang aluminium lebih besar dibandingkan dengan tembaga.

Jadi pada keping bimetal berlaku :

- (1) Jika dipanaskan, keping melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih kecil
- (2) Jika didinginkan, keping melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih besar.