BAB 3 PEMUAIAN ZAT

A. Jenis-Jenis Pemuaian

Pemuaian adalah proses penambahan ukuran zat atau benda yang massanya tetap akibat kenaikan suhu zat tersebut. Pemuaian dapat terjadi pada zat padat, cair, dan gas. Besarnya pemuaian zat/benda sangat tergantung pada ukuran benda mula-mula, kenaikan suhu, dan jenis benda.

1. Pemuaian Zat Padat

Pada umumnya, zat padat akan mengalami pemuaian ketika dipanaskan. Pemuaian pada zat padat dapat berupa *pemuaian panjang*, *pemuaian luas*, dan *pemuaian volume*.

a. *Pemuaian Panjang*

Untuk menyelidiki pemuaian panjang pada zat padat dapat menggunakan alat *Musschenbroek*.

Koefisien muai panjang merupakan besaran yang menyatakan perbandingan pertambahan panjang dengan panjang awal benda tiap satuan kenaikan suhu. Secara matematis, koefisien muai panjang dinyatakan sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{\Delta \ell}{\ell_o \times \Delta T} \quad \text{atau} \quad \alpha = \frac{\ell_1 - \ell_o}{\ell_o \times (T_1 - T_o)}$$

Dengan:

α = koefisien muai panjang ($^oC^{-1}$ atau K^{-1})
$\Delta \ell$ = perubahan panjang (m)
ΔT = perubahan suhu (^oC atau K)
ℓ_o = panjang benda mula-mula (m)
ℓ_1 = panjang akhir benda setelah dipanaskan (m)
T_o = suhu benda mula-mula (^oC atau K)
T_1 = suhu akhir benda setelah dipanaskan (^oC atau K)

LIVEWORKSHEETS

Contoh Soal dan Pembahasan

Batang suatu logam pada suhu 10°C memiliki panjang 100 cm. Tentukan panjang ters pada suhu 310°C jika $\alpha = 1{,}2 \times 10^{-5}/°C$.

Pembahasan:

Diketahui : $\ell_o = 100$ cm

$\Delta T = 300°C$

Ditanyakan: ℓ_1

Jawab : $\ell_1 = \ell_o(1 + \alpha \Delta T)$

$= 100(1 + 1{,}2 \times 10^{-5}/°C \times 300°C)$

$= 100 + 0{,}36$

$\ell_1 = 100{,}36$ cm

Jadi, panjang batang logam setelah dipanaskan adalah 100,36 cm.

b. Pemuaian Luas

Pemuaian luas suatu zat padat memenuhi persamaan matematis sebagai berikut.

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

$$A_1 - A_0 = \beta A_0 \Delta T$$

$$A_1 = A_0 (1 + \beta \Delta T)$$

Dengan:

ΔA = pertambahan luas (m^2)

A_0 = luas mula-mula (m^2)

β = koefisien muai luas ($°C^{-1}$ atau K^{-1})

A_1 = luas akhir (m^2)

Koefisien muai luas merupakan besaran yang menyatakan perbandingan pertambahan luas dengan luas awal benda tiap satuan kenaikan suhu. Koefisien muai luas dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\beta = 2\alpha$$

atau

$$\alpha = \tfrac{1}{2}\beta$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Suatu pelat aluminium berbentuk persegi dengan panjang sisi 20 cm pada suhu 25°C. Koefisien muai panjang aluminium $1{,}2 \times 10^{-5}/°C$. Tentukan pertambahan luas pelat tersebut jika dipanasi hingga suhu 125°C!

Pembahasan:

Diketahui : $S_0 = 20$ cm

$\Delta T = 100°C$

$\alpha = 1{,}2 \times 10^{-5}/°C$

LIVEWORKSHEETS

Ditanyakan: ΔA

Jawab:

$$A_0 = S_0 \times S_0$$
$$= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$$
$$= 400 \text{ cm}^2$$
$$\beta = 2\alpha$$
$$\beta = 2 \times 1{,}2 \times 10^{-5}/^{o}\text{C} = 2{,}4 \times 10^{-5}/^{o}\text{C}$$
$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T$$
$$= 400 \text{ cm}^2 \times 2{,}4 \times 10^{-5}/^{o}\text{C} \times 100^{o}\text{C}$$
$$\Delta A = 0{,}96 \text{ cm}^2$$

c. ***Pemuaian Volume***

Pemuaian volume suatu zat padat memenuhi persamaan matematis sebagai berikut.

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$
$$V_1 - V_0 = \gamma V_0 \Delta T$$
$$V_1 = V_0 (1 + \gamma \Delta T)$$

Dengan:

ΔV = pertambahan volume (m^3)
V_0 = volume mula-mula (m^3)
V_1 = volume akhir (m^3)
γ = koefisien muai volume ($^{o}C^{-1}$ atau K^{-1})

Koefisien muai volume dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\gamma = 3\alpha$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Sebuah kubus kuningan pejal yang panjang rusuknya 2 m, suhunya dinaikkan dari 20°C sampai 50°C. Hitunglah volume kubus pada suhu 50°C dan pertambahan volumenya!
(α kuningan = $1{,}9 \times 10^{-5}{}^{o}C^{-1}$)

Pembahasan:

Diketahui : $r = 2$ m; $T_o = 20^{o}C$; $T_1 = 50^{o}C$; $\alpha = 1{,}9 \times 10^{-5}\ {}^{o}C^{-1}$
Ditanyakan : $V_1 = ...$? dan $\Delta V = ...$?

Jawab:

$$V_o = r \times r \times r = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 8 \text{ m}^3$$
$$\gamma = \frac{V_1 - V_o}{V_o \times (T_1 - T_o)}$$
$$V_1 = \gamma \times V_o \times (T_1 - T_o) + V_o$$
$$= 3\alpha \times V_o \times (T_1 - T_o) + V_o$$
$$= 3 \times 1{,}9 \times 10^{-5}{}^{o}C^{-1} \times 8 \text{ m}^3 \times (50^{o}C - 20^{o}C) + 8 \text{ m}^3$$
$$= 1{,}368 \times 10^{-5} \text{ m}^3 + 8 \text{ m}^3$$
$$= 1{,}368 \times 10^{-2} \text{ m}^3 + 8 \text{ m}^3$$
$$= 8{,}0137 \text{ m}^3$$

LIVEWORKSHEETS

sehingga

$\Delta V = V_1 - V_o = 8{,}0137\ m^3 - 8\ m^3 = 0{,}0137\ m^3$

Jadi, volume kubus pada suhu 50°C adalah 8,0137 m^3 dan pertambahan volumenya sebesar 0,0137 m^3.

2. Pemuaian Zat Cair

Berbeda dengan zat padat, pada zat cair hanya dikenal muai volume. Secara matematis, hubungan antara koefisien muai volume dan besaran-besaran lain yang terlibat pada pemuaian zat cair dirumuskan sebagai berikut.

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_o \times \Delta T} \quad \text{atau} \quad \gamma = \frac{V_1 - V_o}{V_o \times (T_1 - T_o)}$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Sebuah wadah berisi minyak tanah sebanyak 10 liter. Koefisien muai minyak tanah tersebut adalah 96×10^{-5}°C^{-1}. Jika minyak tanah pada suhu 15°C dipanaskan sampai 30°C, berapakah volume minyak tanah pada suhu 30°C?

Pembahasan:

Diketahui : $V_o = 10$ liter; $\gamma = 96 \times 10^{-5}$°$C^{-1}$; $T_o = 15$°C; $T_1 = 30$°C

Ditanyakan : $V_1 = ...$?

Jawab:

$$\gamma = \frac{V_1 - V_o}{V_o \times (T_1 - T_o)}$$

$$V_1 = V_o\,[1 + \gamma\,(T_1 - T_o)]$$

$$= 10 \text{ liter } [1 + 96 \times 10^{-5} / °C\ (30°C - 15°C)]$$

$$= 10 \text{ liter } (1 + 1.440 \times 10^{-5}) = (10 + 0{,}144) \text{ liter} = 10{,}144 \text{ liter}$$

Jadi, volume minyak tanah itu pada suhu 30 °C adalah 10,144 liter.

3. Pemuaian Gas

Pemuaian pada gas adalah pemuaian volume yang dirumuskan sebagai berikut.

$$V_1 = V_0\,(1 + \gamma\,\Delta T)$$

γ adalah koefisien muai volume. Nilai γ sama untuk semua gas, yaitu 1/273°C^{-1}.

Pemuaian gas dibedakan tiga macam, yaitu pemuaian gas pada suhu tetap (isotermal), pemuaian gas pada tekanan tetap (Isobar), dan pemuaian gas pada volume tetap (Isokhorik).

a. Pemuaian Gas pada Suhu Tetap (Isotermal)

Pemuaian gas pada suhu tetap berlaku hukum Boyle, yaitu gas di dalam ruang tertutup yang suhunya dijaga tetap, maka hasil kali tekanan dan volume gas adalah tetap. Dirumuskan sebagai berikut.

LIVEWORKSHEETS

$$P\,V = \text{tetap}$$
atau
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Dengan:
P = tekanan gas (atm)
V = volume gas (L)

Contoh Soal dan Pembahasan

Suatu gas di dalam ruang tertutup memiliki tekanan 1 atm dan volume 4 L. Jika suhu gas dijaga tetap dan tekanan diubah menjadi 2 atm, berapakah volume gas?

Pembahasan:

Diketahui : P_1 = 1 atm
V_1 = 4 L
P_2 = 2 atm

Ditanyakan : V_2

Jawab :

$P_1 V_1 = P_2 V_2$

1 atm . 4L = 2 atm. V_2

$$V_2 = \frac{1\text{ atm}}{2\text{ atm}} 4\text{L}$$

$$V_2 = 2\text{L}$$

b. Pemuaian Gas pada Tekanan Tetap (Isobar)

Pemuaian gas pada tekanan tetap berlaku hukum Gay Lussac, yaitu gas di dalam ruang tertutup dengan tekanan dijaga tetap, maka volume gas sebanding dengan suhu mutlak gas. Dalam bentuk persamaan dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{V}{T} = \text{tetap}$$
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Dengan:
V = volume
T = suhu (°C atau K)

Contoh Soal dan Pembahasan

Suatu gas di dalam ruangan tertutup memiliki tekanan 1 atm, suhu 27°C, dan volume 2,4 L. Berapa volume gas tersebut pada suhu 127°C jika mengalami proses pemuaian pada tekanan tetap?

Pembahasan

Diketahui : P = 1 atm
T_1 = 27°C = 300 K
V_1 = 2,4 L
T_2 = 127°C = 400 K

Ditanyakan : V_2

LIVEWORKSHEETS

Jawab:

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

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

$$= \frac{400}{300} \times 2{,}4$$

$$= 0{,}32 \text{ L}$$

Jadi, volume gas tersebut adalah 0,32 L.

c. ***Pemuaian Gas pada Volume Tetap (Isokhorik)***

Pemuaian gas pada volume tetap berlaku hukum Boyle-Gay Lussac, yaitu jika volume gas di dalam ruang tertutup dijaga tetap maka tekanan gas sebanding dengan suhu mutlaknya. Hukum Boyle-Gay Lussac dirumuskan sebagai.

$$\frac{p}{T} = \text{tetap}$$

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

Berdasarkan hukum Boyle, hukum Gay-Lussac, dan hukum tekanan tersebut, maka pemuaian gas dapat dihubungkan dengan hukum Boyle-Gay Lussac, yang secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut.

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

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2}$$

B. Prinsip Pemuaian dalam Kehidupan Sehari-Hari

Prinsip pemuaian zat banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Berikut ini adalah beberapa contoh penerapannya.

1. Termometer Zat Cair

Prinsip kerja termometer zat cair adalah memanfaatkan sifat termometrik zat cair (seperti raksa dan alkohol) yang digunakan dalam termometer tersebut, yaitu berupa perubahan volume zat cair yang teratur ketika terjadi perubahan suhu. Zat cair tersebut dimanfaatkan sebagai indikator suhu.

2. Pemasangan Sambungan Rel Kereta Api

Penyambungan rel kereta api harus menyediakan celah antara satu batang rel dengan batang rel lain agar pada saat suhu meningkat batang rel memiliki ruang muai sehingga tidak akan terjadi desakan antar-rel yang akan mengakibatkan rel menjadi bengkok.

LIVEWORKSHEETS

3. **Pengelingan Logam**

Mengeling logam adalah menyambungkan dua pelat logam dengan menggunakan paku keling. Pengelingan dimulai dengan memanaskan paku keling sampai berpijar, kemudian paku keling tersebut dimasukkan dalam lubang pelat logam yang akan dikeling. Setelah itu, ujung paku keling dipukul hingga melebar. Setelah paku keling tersebut dingin, maka paku menyusut dan menjepit kedua pelat dengan sangat kuat. Pengelingan biasanya dilakukan dalam pembuatan kontainer dan badan-badan kapal besar.

4. **Keping Bimetal**

Keping bimetal adalah dua buah keping logam yang memiliki koefisien muai panjang berbeda yang dikeling menjadi satu. Keping bimetal sangat peka terhadap perubahan suhu. Pada suhu normal panjang keping bimetal akan sama dan kedua keping pada posisi lurus. Jika suhu naik kedua keping akan mengalami pemuaian dengan pertambahan panjang yang berbeda. Akibatnya keping bimetal akan membengkok ke arah logam yang mempunyai koefisien muai panjang yang kecil.

Keping bimetal dapat dimanfaatkan dalam berbagai keperluan misalnya pada termometer bimetal, termostat bimetal pada seterika listrik, sakelar alarm bimetal, dan sekring listrik bimetal.

5. **Pemasangan Ban Baja pada Roda Lokomotif**

Pemasangan ban baja pada roda besi lokomotif dilakukan dengan cara memanaskan ban baja hingga memuai, kemudian ban baja tersebut dipasangkan pada roda dalam keadaan memuai. Setelah dingin, maka ban baja tersebut akan menyusut kembali sehingga menempel sangat kuat pada roda.

Uji Latih Mandiri 3

Berilah tanda silang (×) pada huruf A, B, C, atau D untuk jawaban yang benar!

1. Termostat merupakan keping bimetal yang berfungsi untuk ....
   A. melengkung bila suhu turun
   B. memuai terus-menerus
   C. mengatur suhu
   D. suhunya turun bila dialiri arus listrik

2. Jika sebuah keping bimetal dipanaskan, maka bimetal tersebut akan ....
   A. tetap lurus dan bertambah panjang
   B. melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih kecil
   C. melengkung ke arah logam yang koefisien muainya lebih besar
   D. melengkung ke kiri

3. Sebatang besi panjangnya 2 meter pada suhu 30°C. Bila koefisien muainya 11×10^{-6}/°C, maka panjang besi itu pada suhu 45°C adalah ....
   A. 2,033 m C. 2,0033 m
   B. 2,003 m D. 2,00033 m

4. Pertambahan panjang logam yang dipanaskan bergantung pada faktor-faktor berikut, *kecuali* ....
   A. massa jenis logam
   B. panjang logam awal
   C. kenaikan suhu
   D. jenis logam

5. Alat yang tidak memanfaatkan bimetal adalah ....
   A. termostat

LIVEWORKSHEETS

B. sekering
C. sakelar lampu
D. lampu tanda arah mobil

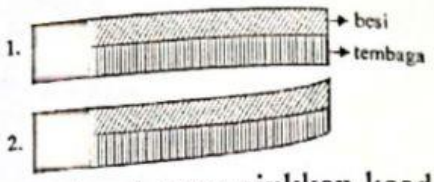
6. Sebuah wadah berisi minyak tanah 1 liter pada suhu 0°C. Volume minyak tanah pada suhu 100°C bila koefisien muai volumenya $9{,}55 \times 10^{-3}$°C adalah ....
   A. 1,955 liter
   B. 1,00955 liter
   C. 1,000955 liter
   D. 0,095 liter

7. Berikut ini merupakan pekerjaan yang menerapkan peristiwa pemuaian, *kecuali* ....
   A. bola pingpong pecah apabila direndam dengan air panas
   B. dua buah gelas yang rapat dipisahkan dengan air panas
   C. memasang bimetal pada sakelar otomatis
   D. menyambung besi dengan cara dikeling

8. Alasan pada sambungan rel kereta api diberi celah adalah agar ....
   A. mengurangi gesekan dengan kereta apinya
   B. pada saat besi memuai, relnya tidak melengkung
   C. pada saat besi memuai, rel tidak terlepas dari bantalan kayunya
   D. pada saat dilewati kereta api, relnya tidak melengkung

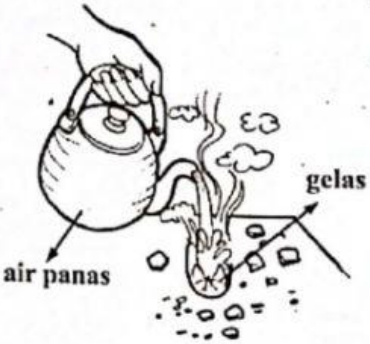
9. Koefisien muai panjang suatu zat padat bergantung pada ....
   A. panjang batang mula-mula
   B. jenis zat padat
   C. perubahan suhu
   D. pertambahan panjang

10. Alat Musschenbroek digunakan untuk menunjukkan ....
   A. pemuaian berbagai logam berbeda
   B. pemuaian berbagai logam sama
   C. pemuaian berbagai zat cair berbeda
   D. pemuaian berbagai gas sama

11. 

Gambar 1 menunjukkan keadaan bimetal pada suhu ruang, sedangkan gambar 2 menunjukkan keadaan bimetal sesudah dipanaskan. Dari keadaan di atas dapat disimpulkan bahwa setelah dipanaskan ....
   A. besi akan lebih tebal daripada tembaga
   B. besi akan lebih panjang daripada tembaga
   C. bimetal akan melengkung ke arah logam yang angka muainya lebih besar
   D. bimetal melengkung ke arah logam yang angka muainya lebih kecil

12. Perhatikan gambar di bawah ini!



Air panas dimasukkan ke dalam gelas, kemudian terjadi seperti pada gambar. Hal ini disebabkan ....
   A. koefisien muai air lebih besar daripada koefisien kaca
   B. bagian dalam dan luar gelas memuai tiba-tiba
   C. bagian dalam gelas memuai, bagian luar tetap dingin
   D. bagian luar gelas memuai, bagian dalam tetap dingin

13. Pada suhu 50°C panjang kuningan 1.000 cm. Bila koefisien muai panjang kuningan 0,000019/°C maka pada suhu 75°C panjangnya bertambah sebesar ....
   A. 0,000475 cm
   B. 0,0475 cm
   C. 0,475 cm
   D. 4,75 cm

LIVEWORKSHEETS

14. Batang baja panjangnya 2 m pada suhu 20°C. Setelah suhunya mencapai 100°C, panjang batang baja menjadi ....
(α = 0,000011/°C)
A. 2,00088 m
B. 2,00126 m
C. 2,00168 m
D. 2,00176 m

15. Semua gas mempunyai koefisien muai volume yang besarnya adalah ....
A. 0,37/°C
B. 0,037/°C
C. $\frac{1}{273}$ /°C
D. berbeda-beda

16. Apabila koefisien muai panjang besi 0,000012/°C, koefisien muai volume besi adalah ....
A. 0,000036/°C
B. 0,000024/°C
C. 0,000012/°C
D. 0,000006/°C

17. Panjang batang baja (α = 0,000012/°C) pada suhu 30°C adalah 50 cm. Bila panjang baja itu menjadi 50,018 cm maka suhunya naik menjadi ....
A. 50°C
B. 60°C
C. 70°C
D. 80°C

18. Sebuah kaca jendela memiliki koefisien muai panjang 0,000009/°C, koefisien muai luas kaca jendela tersebut adalah ....
A. 0,00003/°C
B. 0,00009/°C
C. 0,000018/°C
D. 0,000006/°C

19. Volume sebuah benda pada suhu 27°C adalah 100 cm³, jika koefisien muai volume benda itu 0,000012/°C maka volume benda itu pada suhu 400 K adalah ....
A. 100,36 cm³
B. 100,12 cm³
C. 100,02 cm³
D. 98,64 cm³

20. Berikut ini adalah beberapa manfaat pemuaian, *kecuali* ....
A. pelepasan tutup botol dengan air panas
B. pemasangan celah pada rel kereta api
C. sakelar otomatis bimetal
D. termostat bimetal

21. Dua buah wadah berbentuk pipa yang masing-masing diisi dengan air dan alkohol dengan permukaan yang sama tinggi. Bila kedua wadah tersebut dipanaskan maka hal-hal berikut ini adalah benar, *kecuali* ....
A. permukaan air lebih tinggi
B. keduanya memuai
C. besar pemuaian berbeda
D. permukaan alkohol lebih tinggi

22. Zat cair berikut ini yang paling mudah memuai adalah ....
A. bensin
B. air
C. alkohol
D. air raksa

23. Berikut ini pernyataan tentang manfaat pemuaian, *kecuali* ....
A. sakelar otomatis bimetal
B. termometer bimetal
C. pelepasan tutup botol
D. melengkungnya rel kereta api

24. Bingkai kaca yang dibuat lebih besar dari kaca jendela dibuat untuk ....
A. mengantisipasi pemuaian kaca pada malam hari
B. mengantisipasi penyusutan kaca pada malam hari
C. mengantisipasi penyusutan kaca pada siang hari
D. mengantisipasi pemuaian kaca pada siang hari

25. Berikut ini adalah cara mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh pemuaian, *kecuali* ....
A. membuat celah pada sambungan rel kereta api
B. membuat keping bimetal pada sakelar otomatis
C. membuat celah pada sambungan jembatan
D. membuat ukuran bingkai jendela lebih besar dari kacanya

LIVEWORKSHEETS