

BAB II

SIFAT-SIFAT ZAT CAIR

Tujuan Intruksional Umum (TIU)

Mahasiswa diharapkan dapat merencanakan suatu bangunan air berdasarkan konsep mekanika fluida, teori hidrostatika dan hidrodinamika.

Tujuan Intruksional Khusus (TIK)

1. Mahasiswa dapat menerangkan pengertian rapat masa, berat jenis, rapat relatif, viskositas, kemampatan, kapilaritas, dan tegangan permukaan.
2. Mahasiswa dapat menghitung nilai rapat masa, berat jenis, rapat relatif, viskositas, kemampatan, kapilaritas, dan tegangan permukaan untuk suatu studi kasus.

2.1. Pendahuluan

Semua fluida nyata (gas dan zat cair) memiliki sifat-sifat khusus yang dapat diketahui, antara lain: rapat massa (*density*), kekentalan (*viscosity*), kemampatan (*compressibility*), tegangan permukaan (*surface tension*), dan kapilaritas (*capillarity*). Beberapa sifat fluida pada kenyataannya merupakan kombinasi dari sifat-sifat fluida lainnya. Sebagai contoh kekentalan kinematik melibatkan kekentalan dinamik dan rapat massa.

Sejauh yang kita ketahui, fluida adalah gugusan yang tersusun atas molekul-molekul dengan jarak pisah yang besar untuk gas dan kecil untuk zat cair. Molekul-molekul itu tidak terikat pada suatu kisi, melainkan saling bergerak bebas terhadap satu sama lain.

2.2. Rapat Massa (*density*)

Rapat massa (ρ) adalah ukuran konsentrasi massa zat cair dan dinyatakan dalam bentuk massa (m) persatuan volume (V).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Dimana:

m = massa

V = volume

Rapat massa air (ρ_{air}) pada suhu 4 °C dan pada tekanan atmosfer (p_{atm}) adalah 1000 kg/m³.

Berat jenis (γ) adalah berat benda persatuan volume pada temperatur dan tekanan tertentu, dan berat suatu benda adalah hasil kali antara rapat massa (ρ) dan percepatan gravitasi (g).

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.2)$$

Rapat relatif (s) adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat (ρ) dan rapat massa air (ρ_{air}), atau perbandingan antara berat jenis suatu zat (γ) dan berat jenis air (γ_{air}).

$$s = \frac{\rho_{\text{zatcair}}}{\rho_{\text{air}}} \text{ atau } s = \frac{\gamma_{\text{zatcair}}}{\gamma_{\text{air}}} \quad (2.3)$$

Karena pengaruh temperatur dan tekanan pada rapat massa zat cair sangat kecil, maka dapat diabaikan sehingga rapat massa zat cair dapat dianggap tetap.

2.3. Kekentalan (*viscosity*)

Kekentalan adalah sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser (τ) pada waktu bergerak atau mengalir. Kekentalan disebabkan adanya kohesi antara partikel zat cair sehingga menyebabkan adanya tegangan geser antara molekul-molekul yang bergerak. Zat cair ideal tidak memiliki kekentalan. Kekentalan zat cair dapat dibedakan menjadi dua yaitu kekentalan dinamik (μ) atau kekentalan *absolute* dan kekentalan kinematis (ν).

Dalam beberapa masalah mengenai gerak zat cair, kekentalan dinamik dihubungkan dengan kekentalan kinematik sebagai berikut:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.4)$$

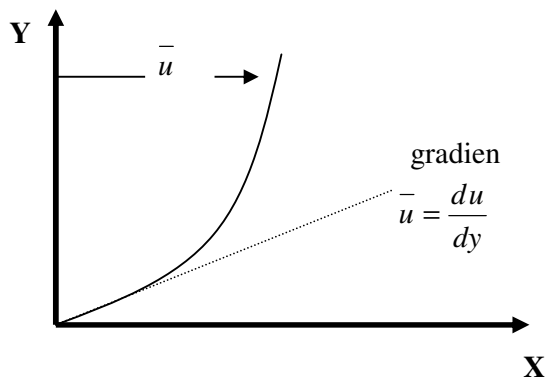
dengan ρ adalah rapat massa zat cair (kg/m^3).

Kekentalan kinematik besarnya dipengaruhi oleh temperatur (T), pada temperatur yang tinggi kekentalan kinematik zat cair akan relatif kecil dan dapat diabaikan.

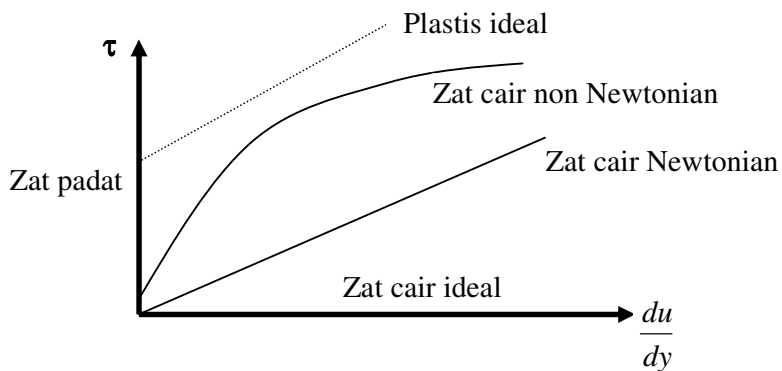
$$\nu = \frac{40 \cdot 10^{-6}}{20 + T} \quad (2.5)$$

dengan T adalah suhu zat cair ($^{\circ}\text{C}$)

Zat cair Newtonian adalah zat cair yang memiliki tegangan geser (τ) sebanding dengan gradien kecepatan normal ($\frac{du}{dy}$) terhadap arah aliran. Gradien kecepatan adalah perbandingan antara perubahan kecepatan dan perubahan jarak tempuh aliran (Gambar 2.1). Hubungan tegangan geser dan gradien kecepatan normal dari beberapa bahan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1. Gradien kecepatan



Gambar 2.2. Hubungan Tegangan geser dengan gradien kecepatan

Bila fluida Newtonian dan aliran yang terjadi adalah laminar maka berlaku hubungan:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \text{ atau } \tau = \rho \nu \frac{du}{dy} \quad (2.6)$$

dimana :

- τ = tegangan geser (kg/m^2)
- μ = kekentalan dinamis ($\text{kg/m}\cdot\text{det}$)
- ν = kekentalan kinematis (m^2/det)

ρ = densitas fluida (kg/m^3)

$\frac{du}{dy}$ = gradien kecepatan

2.4. Kemampatan (*compressibility*)

Kemampatan adalah perubahan volume karena adanya perubahan (penambahan) tekanan, yang ditunjukkan oleh perbandingan antara perubahan tekanan dan perubahan volume terhadap volume awal. Perbandingan tersebut dikenal dengan modulus elastisitas (k).

$$k = - \frac{dp}{\left(\frac{dV}{V}\right)} \quad (2.7)$$

Nilai k untuk zat air sangat besar yaitu $2,1 \times 10^9$ N/m, sehingga perubahan volume karena perubahan tekanan akan sangat kecil dan dapat diabaikan, sehingga zat cair merupakan fluida yang tidak dapat termampatkan (*incompressible*).

2.5. Tegangan permukaan (*surface tension*)

Molekul-molekul pada zat cair akan saling tarik menarik secara seimbang diantara sesamanya dengan gaya berbanding lurus dengan massa (m) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak (r) antara pusat massa.

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (2.8)$$

dengan: F = gaya tarik menarik

m_1, m_2 = massa molekul 1 dan 2

r = jarak antar pusat massa molekul.

Jika zat cair bersentuhan dengan udara atau zat lainnya, maka gaya tarik menarik antara molekul tidak seimbang lagi dan menyebabkan molekul-molekul pada permukaan zat cair melakukan kerja untuk tetap membentuk permukaan zat cair. Kerja yang dilakukan oleh molekul-molekul pada permukaan zat cair tersebut dinamakan tegangan permukaan (σ). Tegangan permukaan hanya bekerja pada bidang permukaan dan besarnya sama di semua titik.

Tegangan permukaan zat cair pada beberapa temperatur ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Tegangan permukaan zat cair pada beberapa temperatur.

Suhu (..°C)	Tegangan permukaan $\times 10^{-2}$ (N/m)
0	7,56
4	7,54
10	7,48
20	7,36
30	7,18
40	7,01
50	6,82
60	6,68
70	6,50
80	6,30
90	6,12
100	5,94

2.6. Kapilaritas (*capillarity*)

Kapilaritas terjadi akibat adanya gaya kohesi dan adhesi antar molekul, jika kohesi lebih kecil dari pada adhesi maka zat air akan naik dan sebaliknya jika lebih besar maka zat cair akan turun. Kenaikan atau penurunan zat cair di dalam suatu tabung dapat dihitung dengan menyamakan gaya angkat yang dibentuk oleh tegangan permukaan dengan gaya berat.

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\gamma} \quad (2.9)$$

Dimana:

h = kenaikan atau penurunan zat cair

σ = tegangan permukaan

γ = berat jenis zat cair

θ = akan sama dengan 0° untuk air dan 140° untuk air raksa

r = jari-jari tabung

2.7. Pelatihan

1). Jika satu liter minyak mempunyai berat $W = 0,7$ kgf. Hitung berat jenis, rapat massa, dan rapat relatif minyak tersebut.

Penyelesaian.

Volume minyak

$$V = 1,0 \text{ liter} = 0,001 \text{ m}^3$$

Berat jenis

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{W}{V} \\ &= \frac{0,7}{0,001} \\ &= 700 \text{ kgf/m}^3 \end{aligned}$$

Rapat massa

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$= \frac{700}{9,81}$$

$$= 71,36 \text{ kgf. det}^2/\text{m}^4 \text{ atau } 700 \text{ kgm}/\text{m}^3$$

Rapat relatif

$$s = \frac{\gamma_{\text{min yak}}}{\gamma_{\text{air}}}$$

$$= \frac{700}{1000}$$

$$= 0,70$$

2). Hitung kekentalan kinematik zat cair yang mempunyai rapat relatif 0,95 dan kekentalan dinamik 0,0011 N.det/m²

Penyelesaian

$$s = \frac{\rho_{\text{zatcair}}}{\rho_{\text{air}}}$$

$$\rho_{\text{zatcair}} = s \cdot \rho_{\text{air}}$$

$$= 0,95 \cdot 1000$$

$$= 950 \text{ kg}/\text{m}^3$$

kekentalan kinematik

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$= \frac{0,0011}{950}$$

$$= 1,16 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{det}$$