

MEKANIKA FLUIDA

Oleh: Drs. Agus Budiman, M.Pd., M.T.

Pengertian Fluida

- Fluida (*fluid*)/Zat Alir:

- (1) Zat yang dapat mengalir

- (2) Zat yang menyesuaikan diri dengan tempatnya dan tidak mampu menahan pengaruh gaya geser.

- Termasuk Fluida:

- (1) Zat Cair (*liquid*)

- (2) Zat Gas (*gases*)

Fluida Dalam Otomotif

- Bahan Bakar Minyak (BBM)
- Bahan Bakar Gas (BBG)
- *Biofuel*
- Minyak Pelumas (*Oil/Lubricant*)
- Minyak Rem (*Brake Fluid*)
- Air
- Zat Pendingin (*Refrigerant*)
- Udara

Mekanika Fluida

- Membahas perilaku fluida diam (statika fluida) dan fluida yang bergerak/mengalir (dinamika fluida)
- Pembahasan mekanika fluida diantaranya:
 - (1) Rapat massa, berat jenis, rapat relatif, volume spesifik, kompresibilitas, tegangan permukaan, viskositas, tekanan hidrostatis,
 - (2) Hukum kekekalan massa, energi dan momentum
 - (3) Kerugian head pada aliran fluida
 - (4) Dlsb.

Sifat Dasar Fluida (1)

1. (a) Rapat Massa/Massa jenis/Densitas:

Rapat massa fluida cair adalah besarnya massa fluida tiap satuan volume.

$$\rho = m/v$$

(SI) kg/m^3 ; (cgs) gr/cm^3 ; (BS) lbm/ft^3 (slug/ft^3)

Contoh: Air mempunyai $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1,94 \text{ lbm/ft}^3$

Sifat Dasar Fluida (2)

1. (b) Rapat massa fluida gas:

Rapat massa fluida gas tergantung pada tekanan absolut (P), suhu absolut (T), dan jenis/tetapan gas (R)

Berdasarkan persamaan keadaan gas ideal, $P \nu = m RT$, maka:

$$\rho = P/RT$$

P = Tekanan absolut (kPa)

T = Suhu absolut (K)

R = Tetapan Gas (kJ/kg K)

Sifat Dasar Fluida (3)

2. Berat Jenis/Rapat Berat:

Berat jenis fluida adalah besarnya berat fluida tiap satuan volume.

$$\gamma = W/v = m g/v \rightarrow m/v = \rho$$

$$\gamma = \rho g$$

(SI) N/m^3 ; (cgs) dyne/cm^3 ; (BS) lbf/ft^3

Contoh: Berat jenis air = $9810 \text{ N/m}^3 = 62,4 \text{ lbf/ft}^3$

Sifat Dasar Fluida (4)

■ Volume Spesifik

Volume spesifik adalah besarnya volume tiap satuan massa fluida.

$$v_s = v/m = 1/\rho$$

(SI) m³/kg; (cgs) cm³/gr; (BS) ft³/lbm

Fluida cair mempunyai volume spesifik rendah

Fluida gas mempunyai volume spesifik tinggi

Sifat Dasar Fluida (5)

■ Rapat Relatif (*Specific Gravity*)

Rapat relatif adalah perbandingan rapat massa fluida dengan rapat massa air pada suhu 4°C, tekanan 1 atm.

$$S = \rho / \rho_{\text{air}}$$

Rapat relatif tidak mempunyai satuan.

Contoh : $S_{\text{oli}} = 0,825$ artinya $\rho_{\text{oli}} = 825 \text{ kg/m}^3$

Sifat Dasar Fluida (6)

- **Kompresibilitas/Modulus Total Elastisitas.**
Kompresibilitas adalah kemampuan fluida untuk mengecil volumenya apabila mendapat tekanan.

$$K = E = dp' / - (dv/v)$$

dp' = perubahan tekanan (Pa)

dv = perubahan volume (m^3)

v = volume awal (m^3)

Sifat Dasar Fluida (6)

- Fluida dengan kompresibilitas tinggi disebut fluida kompresibel (*compressible fluid*).
Termasuk kategori ini adalah fluida gas.
- Fluida dengan kompresibilitas rendah disebut fluida inkompresibel (*incompressible fluid*).
Termasuk kategori ini adalah fluida cair.

Sifat Dasar Fluida (6)

■ Kompresi Gas-gas

Kompresi gas-gas terjadi sesuai dengan hukum-hukum termodinamika: $p v = RT$

$$(p_1 v_1)/T_1 = (p_2 v_2)/T_2 = R$$

$$(p_1)/\rho_1 T_1 = (p_2)/\rho_2 T_2 = R$$

Sifat Dasar Fluida (6)

- Kompresi Gas pada Kondisi Isothermal
(Suhu tetap)

$$(p_1 v_1) = (p_2 v_2) = RT$$

$$E = p_2 \quad (\text{Pa})$$

Sifat Dasar Fluida (6)

- Kompresi Gas pada Kondisi Adiabatik
(Panas tetap)

$$(p_1 v_1)^k = (p_2 v_2)^k = RT$$

$$E = k p_2 \quad (\text{Pa})$$

$$k = C_p/C_v = \text{rasio panas jenis}$$

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Kekentalan /Viskositas (*Viscosity*)

Kekentalan adalah besarnya daya tahan fluida terhadap gaya geser.

Kekentalan terutama diakibatkan oleh saling pengaruh antara molekul-molekul fluida.

Kekentalan digolongkan dalam 2 jenis, yaitu:

- (1) Kekentalan Dinamik/Absolut
- (2) Kekentalan Kinematik

Sifat dasar Fluida (7)

■ Kekentalan Dinamik/Absolut:

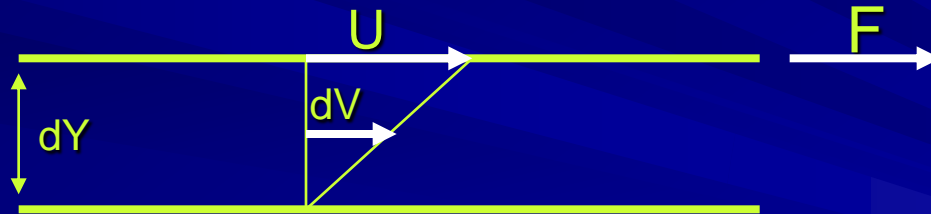
(Percobaan dengan menggunakan Viskosimeter)

$$F \propto AU/y = A dV/dy$$

$$F/A = \zeta \propto dV/dy$$

ζ = tegangan geser

$$F/A = \mu dV/dy$$



$$\mu = (F/A)/(dV/dY)$$

Sifat Dasar Fluida (7)

- Keterangan Kekentalan Dinamik/Absolut:

$$\mu = (F/A)/(dV/dy)$$

μ = Kekentalan dinamik (Pa.s)

F = Gaya geser (N)

A = Luas bidang geser (m²)

V = Kecepatan geser (m/s)

y = Tebal lapisan fluida (m)

Persamaan di atas berlaku untuk *fluida Newton*

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Satuan Kekentalan Dinamis:

$$\mu = (F/A)/(dV/dy)(N/m^2)/(m/s/m) = Ns/m^2 = Pa.s \text{ (SI)}$$

$$Ns/m^2 = (kg \ m \ s^{-2}) \ s/m^2 = kg/m \ s$$

$$1 \text{ Poise} = 10^{-1} Pa.s = 10^2 \text{ centiPoise (cP)}$$

Menurut SAE kekentalan digolongkan menurut besarnya centipoise. Misal: SAE 10 rentang cP tertentu

$$(cgs) \ \mu = (\text{dyne s/cm}^2)$$

$$(BS) \ \mu = (\text{lbf s/ft}^2)$$

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Kekentalan Kinematik

Kekentalan kinematik adalah kekentalan yang dikombinasikan dengan rapat massanya, yaitu perbandingan kekentalan dinamik dengan rapat massa.

$$\nu = \mu/\rho$$

(SI) m²/s; (cgs) cm²/s; (BS) ft²/s

Satuan cm²/s = Stoke (St)

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Pengaruh suhu terhadap kekentalan

(1) Untuk fluida gas

Persamaan Sutherland:

$$\mu = (CT^{3/2})/(T+S)$$

C dan S = konstanta empiris

T = suhu mutlak

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Pengaruh suhu terhadap kekentalan

(2) Untuk fluida Cair

Persamaan Andrade:

$$\mu = D e^{B/T}$$

D dan B = konstanta

T = suhu mutlak

Sifat Dasar Fluida (7)

■ Pengukuran Kekentalan

(1) Dengan Viskosimeter

(2) Metode Stokes

(3) Metode Saybolt

(4) Metode Engler

(5) Metode Redwood

Sifat Dasar Fluida (8)

■ Tegangan Permukaan

Tegangan permukaan (*surface tension*) adalah gaya-gaya di permukaan cairan atau titik temu antara (antar muka) fluida cair dan gas, atau antara dua fluida cair yang tidak bercampur.

Antar muka tersebut berperilaku seakan-akan seperti “kulit” atau “membran” yang membentang pada seluruh massa fluida.

Sifat Dasar Fluida (8)

■ Tegangan Permukaan

Intensitas gaya tarik molekuler per satuan panjang/keliling pada permukaan = σ

Satuan: (SI) N/m; (cgs) dyne/cm; (BS) lb/ft.

Dalam satu butir tetesan zat cair:

$$2 \pi R \sigma = \Delta p \pi R^2$$

$$\Delta p = p_i - p_e = (2 \sigma)/R$$

p_i = tekanan dalam; p_e = tekanan luar

Sifat Dasar Fluida (8)

■ Tegangan Permukaan pada Pipa Kapiler

Berat fluida pada pipa kapiler = gaya vertikal akibat tegangan permukaan

$$\gamma \pi R^2 h = 2 \pi R \sigma \cos \theta$$

$$h = (2 \sigma \cos \theta) / \gamma R$$

h = Ketinggian zat cair dalam pipa kapiler (m)

γ = Berat jenis zat cair (N/m^3)

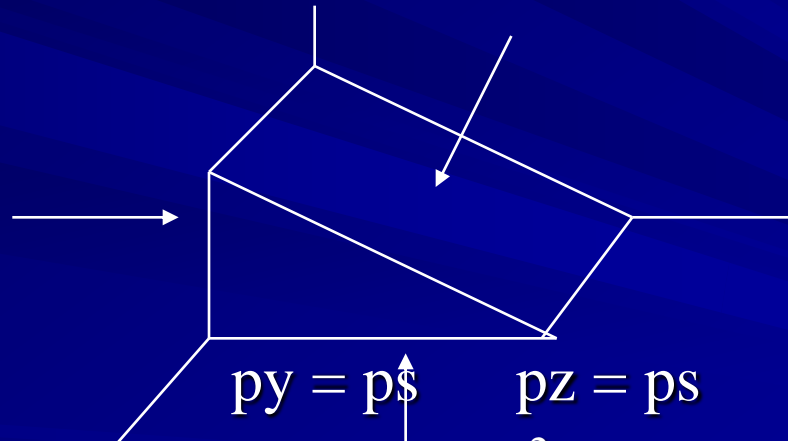
θ = Sudut kontak ($^\circ$)

R = Jari-jari tabung (m)

Sifat Dasar Fluida (9)

■ Tekanan Fluida Diam pada Sebuah Titik.

Tekanan adalah gaya normal tiap satuan luas pada sebuah titik di bidang tertentu. $\rightarrow p = F_n/A$



(SI) N/m^2 (Pascal); (cgs) $dyne/cm^2$; (BS) lb/ft^2 atau lb/in^2 (PSI);
atm; bar; kg/cm^2

Sifat Dasar Tekanan (9)

■ Variasi Tekanan dalam Fluida Diam

(1) Bentuk Umum: $dp/dz = -\gamma$

(2) Fluida Inkompresible:

$$p_2 - p_1 = -\gamma (z_2 - z_1) \rightarrow z_2 - z_1 = h$$

$$p_1 - p_2 = \gamma h$$

$$h = (p_1 - p_2)/\gamma$$

$h = \textit{head}$ tekanan (m)

Sifat Dasar Fluida (9)

- Variasi Tekanan Dalam Fluida Diam
- (3) Fluida Kompresibel

$$p = \rho RT \rightarrow \rho = p/RT$$

Bentuk Umum: $dp/dz = - \gamma = - \rho g$

$$dp/dz = - pg/RT$$

$$p_2 = p_1 \exp [- g(z_2-z_1)/RT_0]$$

Sifat Dasar Fluida (9)

■ Hukum Pascal (Fluida inkompresibel)

Bila fluida inkompresibel yang diam memperoleh suatu tekanan luar, maka tekanan tersebut akan diteruskan ke segala arah dengan besar yang sama dengan arah tegak lurus bidang.

Aplikasi: Sistem rem hidrolik, dongkrak hidrolik, alat-alat hidrolik

Sifat Dasar Fluida (9)

■ Pengukuran Tekanan

(1) Tekanan Pengukuran (P_{gage}):

Tekanan yang ditunjukkan oleh alat ukur (manometer)

(2) Tekanan Absolut (P_{abs}):

Tekanan yang sebenarnya

(3) Tekanan Atmosfer (P_{atm}):

Tekanan udara luar (barometer)

Sifat Dasar Fluida (9)

- Bila tekanan yang diukur $>$ tekanan atmosfer:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{gage}}$$

- Bila tekanan yang diukur $<$ tekanan atmosfer:

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{gage}}$$

Sifat Dasar Fluida (9)

■ Manometri:

(1) Tabung Piezometer: $p_A = \gamma h$

(2) Manometer Tabung-U: $p_A = \gamma_2 h_2 - \gamma_1 h_1$

(3) Manometer Tabung-U diferensial

$$p_A - p_B = \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3 - \gamma_1 h_1$$

(4) Manometer Tabung Miring

(5) Pengukur Tekanan Mekanik dan Elektronik

Soal Latihan

1. Ruang di antara dua plat sejajar yang terpisah sejauh 0,6 inci diisi dengan minyak yang viskositasnya $\mu = 0,001$ slug/ft s. Sebuah plat tipis persegi berukuran 12 x 24 inci ditarik melalui minyak tadi pada jarak 0,2 inci dari plat yang lain. Berapakah gaya yang dibutuhkan untuk menarik plat itu dengan kecepatan 1,4 ft/s.
2. Sebuah poros berdiameter 15 cm berputar dengan kecepatan 1800 rpm di dalam sebuah bantalan berdiameter 15,05 cm dan panjang 30 cm. Ruang di antara keduanya diisi dengan minyak yang viskositasnya $\mu = 0,018$ kg/m s. Berapakah daya yang dibutuhkan untuk mengatasi hambatan viskos dalam bantalan itu.

Soal Latihan (Lanjutan)

3. A hydraulics lift in a service station has a 32,50 cm diameter ram that slides in a 32,52 cm diameter cylinder. The annular space is filled with SAE 10W oil at 10°C having a specific gravity of 0,85. The ram is traveling upward at rate of 10 cm/s. Find the frictional force when 3 m of the ram is engaged in the cylinder. $\nu = 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
4. A journal bearing consist of a 6 in-diameter shaft (or journal) rotating at an angular velocity of 60 rpm in a 6,03 in-sleeve (or bearing) that is 3 in long. The annular space between the shaft and the sleeve is filled with SAE 30 oil at 100°F. Find the resisting torque. Assume the shaft and the sleeve remain concentric during rotation.

Soal Latihan (Lanjutan)

5. Oil of viscosity μ fills the gap of width t in Figure. The truncated cone rotates at a constant rotational speed ω . Neglecting surface tension, develop an expression for the fluid viscosity μ as a function of the torque T , the rotational speed ω and the given dimensions.
6. Sampai ketinggian h berapa air pada suhu kamar akan naik dalam sebuah pipa kaca bersih berdiameter 2,5 mm? (Catatan: $\sigma = 0,073$ N/m; $\theta = 0^\circ$).
7. A glass tube is placed in a pan of water. Water rises in the tube to a height h above the level in the pan. Show that the contact angle θ is given by

$$\theta = \cos^{-1}(\gamma h d / 4 \sigma)$$

