

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

TEKANAN HIDROSTATIS, HUKUM PASCAL, DAN HUKUM ARCHIMEDES

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini diharapkan peserta didik mampu:

1. mengaplikasikan Hukum Hidrostatika dalam menyelesaikan permasalahan;
2. menerapkan Konsep Tekanan Hidrotatis untuk menyelesaikan suatu permasalahan;
3. menerapkan Hukum Pascal untuk menyelesaikan suatu permasalahan; dan
4. mengaplikasikan Hukum Archimedes dalam menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari.

B. Uraian Materi

1. Konsep Fluida

Pada waktu di sekolah tingkat pertama, telah dikenalkan ada tiga jenis wujud zat, yaitu: zat padat, zat cair dan gas. Fluida adalah zat yang dapat mengalir dan memberikan sedikit hambatan terhadap perubahan bentuk ketika ditekan. Fluida secara umum dibagi menjadi dua macam, yaitu fluida tak bergerak (hidrostatik) dan fluida bergerak (hidrodinamis). Pada modul ini kita akan fokus pada pembahasan fluida yang tidak bergerak (hidrostatik) atau fluida statis.

2. Tekanan

Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang itu. Dan secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

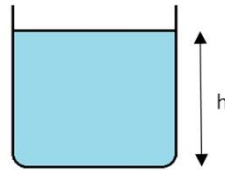
P = tekanan (Pascal= N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan (m²)

3. Tekanan Hidrostatik

Makin tinggi zat cair dalam wadah, maka makin berat zat cair itu, sehingga makin besar tekanan yang dikerjakan zat cair pada dasar wadah. Dengan kata lain pada posisi yang semakin dalam dari permukaan, maka tekanan hidrostatik yang dirasakan semakin besar.



Dan tekanan hidrostatik tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$P_h = \rho_f \cdot g \cdot h$$

Keterangan :

P_h = tekanan hidrostatik (Pa)

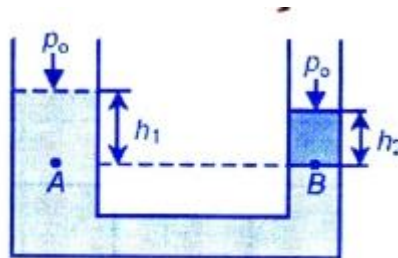
ρ_f = massa jenis fluida (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

4. Hukum Hidrostatika

Hukum pokok hidrostatika

“semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama maka tekanan hidrostatikanya sama.”



Jadi semua titik yang terletak pada bidang datar didalam satu jenis zat cair memiliki tekanan yang sama, ini dikenal dengan hukum pokok hidrostatika dan tekanan ini disebut dengan tekanan hidrostatik.

$$P_{\text{hidrostatik}} \text{ di titik A} = P_{\text{hidrostatik}} \text{ di titik B}$$

Contoh soal

1. Seorang penyelam pada kedalaman 3 m, massa jenis air $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, konstanta gravitasi pada tempat tersebut adalah $10 \text{ N}/\text{kg}$. Berapa besar tekanan hidrostatik yang dialami penyelam tersebut ?

Pembahasan

Diketahui

$$h = 3 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$g = 10 \text{ ms}^{-2}$$

Ditanyakan ?

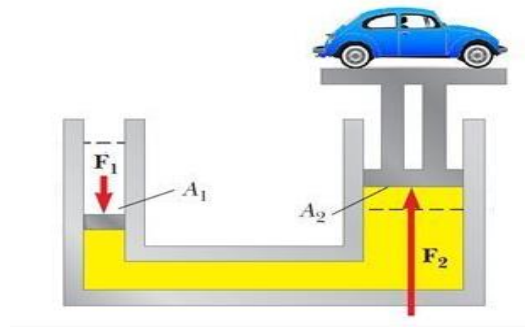
P_h ..?

$$P_h = \rho_f \cdot g \cdot h$$

$$\begin{aligned}
 &= 1000 \times 10 \times 3 \\
 &= 30.000 \text{ Pa} \\
 &= 30 \text{ KPa}
 \end{aligned}$$

5. Hukum Pascal dan Penerapannya

Prinsip Pascal mengatakan bahwa tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah, Sebagai contoh sederhana aplikasi dari hukum Pascal adalah dongkrak hidrolik.



Perhatikan gambar mekanisme hidrolik diatas. Karena cairan tidak dapat ditambahkan ataupun keluar dari sistem tertutup, maka volume cairan yang terdorong di sebelah kiri akan mendorong piston (silinder pejal) di sebelah kanan ke arah atas.

Dengan menggunakan prinsip Pascal, berlaku hubungan, secara matematis:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= P_2 \\
 \frac{F_1}{A_1} &= \frac{F_2}{A_2}
 \end{aligned}$$

Keterangan

P_1 = tekanan pada penampang 1 (Pa)

P_2 = tekanan pada penampang 2 (Pa)

F_1 = gaya pada penampang 1 (N)

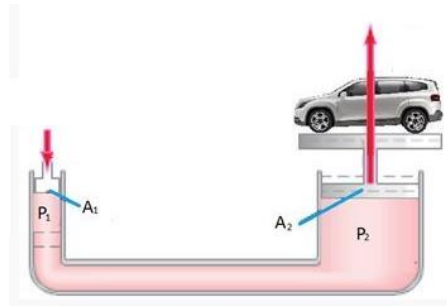
F_2 = gaya pada penampang 2 (N)

A_1 = luas penampang 1 (m²)

A_2 = luas penampang 2 (m²)

Penerapan dalam kehidupan sehari-hari, yang menggunakan prinsip hukum Pascal antara lain dongkrak hidrolik, pompa hidrolik ban sepeda, mesin hidrolik pengangkat mobil, mesin pengepres hidrolik, dan rim piringan hidrolik.

Contoh Soal
Perhatikan gambar berikut !



Sebuah pengungkit hidrolis digunakan untuk mengangkat mobil. Udara bertekanan tinggi digunakan untuk menekan piston kecil yang memiliki jari-jari 5 cm. Tekanan yang diterima diteruskan oleh cairan didalam sistem tertutup ke piston besar yang memiliki jari-jari 15 cm. Berapa besar gaya yang harus diberikan udara bertekanan tinggi untuk mengangkat mobil yang memiliki berat sebesar 13.300 N?

Pembahasan:

Dengan menggunakan rumus hukum Pascal $F_2/A_2 = F_1/A_1$ dapat dicari nilai gaya yang diperlukan:

$$F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)F_2$$

Sehingga didapat:

$$F_1 = \frac{\pi(5 \times 10^{-2}m)^2}{\pi(15 \times 10^{-2}m)^2}(13.300N)$$

$$F_1 = \frac{25}{225}(13.300N)$$

$$= 1.480 N$$

6. Hukum Archimedes

Hukum Archimedes berbunyi, "Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas atau gaya apung yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkannya".

Gaya apung ini merupakan selisih dari gaya berat benda di udara dengan gaya berat benda di dalam fluida

$$F_A = W_u - W_f$$

F_A = gaya ke atas = gaya apung (N)

W_u = gaya berat benda di udara (N)

W_f = gaya berat benda di fluida (N)

Secara matematis

$$F_A = \rho_f \cdot v_{bf} \cdot g$$

Keterangan :

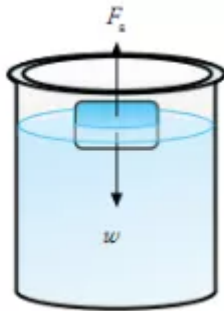
F_A = gaya ke atas = gaya apung (N)

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m^3)

V_{bf} = Volume benda yang tercelup dalam fluida (m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Mengapung



Jika benda dicelupkan ke dalam fluida, benda muncul sebagian ke permukaan air, karena berat benda lebih kecil dari gaya apung ($F_A < W$). Ini adalah konsep mengapung. Dari konsep tersebut, dapat dirumuskan hubungan antara massa jenis benda dengan massa jenis fluida:

$$\rho_b = \frac{V_{bf}}{V_b} \rho_f$$

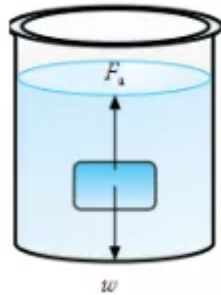
ρ_b = massa jenis benda (kgm^{-3})

V_{bf} = Volume benda yang tercelup (m^3)

V_b = Volume benda (m^3)

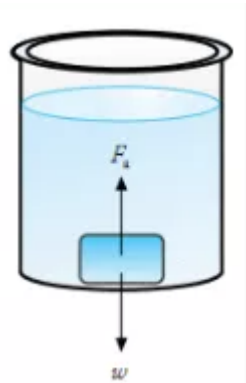
ρ_f = massa jenis fluida (kgm^{-3})

Melayang



Jika benda dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (F_a) sama dengan berat benda W ($F_a = W$).

Tenggelam



Jika benda dicelupkan seluruhnya kedalam fluida (air), maka gaya apung (F_a) lebih kecil dari berat benda W ($F_a < W$). Sehingga benda bergerak kebawah menuju dasar wadah air. Ini adalah konsep tenggelam.

Contoh Soal

Sebuah benda ketika berada di udara memiliki berat 500 N, sedangkan ketika dicelupkan dalam air seluruhnya memiliki berat 400 N. Jika massa jenis air $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, hitunglah massa jenis benda !

Pembahasan

Diketahui :

$$W_u = 500 \text{ N}$$

$$W_f = 400 \text{ N}$$

$$\rho_f = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Ditanyakan

$$\rho_B = \dots?$$

$$F_A = W_u - W_f$$

$$\rho_f \cdot g \cdot V_b = 500 - 400$$

$$1000 \cdot 10 \cdot V_b = 100$$

$$V_b = 0,01 \text{ m}^3$$

$$= 10 \text{ cm}^3$$

C. Rangkuman

1. Tekanan didefinisikan sebagai gaya yang bekerja tegak lurus pada suatu bidang dibagi dengan luas bidang itu.
Secara matematis, $P = \frac{F}{A}$
2. Hukum Hidrostatika mrngatakan semua titik yang terletak pada kedalaman yang sama maka memiliki tekanan hidrostatika yang sama
3. Tekanan Hidrostatik
Tekanan hidrostatik merupakan tekanan yang hanya diakibatkan berat fluida. Makin tinggi zat cair dalam wadah, maka makin berat zat cair itu, sehingga makin besar tekanan yang dikerjakan zat cair pada dasar wadah
Secara matematis, $P = \rho_f \cdot g \cdot V_b$

4. Hukum Pascal
Prinsip Pascal mengatakan bahwa tekanan yang diberikan kepada zat cair dalam ruang tertutup diteruskan sama besar ke segala arah,

$$P_1 = P_2, \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

5. Hukum Archimedes
Hukum Archimedes berbunyi, "Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam fluida akan mengalami gaya ke atas atau gaya apung yang besarnya sama dengan berat fluida yang dipindahkannya".

Gaya apung

Gaya apung ini merupakan selisih dari gaya berat benda di udara dengan gaya berat benda di dalam fluida

$$F_A = W_u - W_f$$

$$\rho_b = \frac{V_{bf}}{V_b} \rho_f$$

D. Penugasan Mandiri

Judul percobaan : Hukum Archimedes
Tujuan percobaan : Menentukan massa jenis benda benda tak beraturan
Alat dan bahan :

1. 3 jenis benda tak beraturan
2. Gelas ukur
3. Air
4. Timbangan

Langkah kegiatan

1. Ambil 1 buah benda kemudian timbang dan catatlah massanya. (m_b)
2. Ikat batu dengan tali rafia

3. Isi gelas ukur dengan air dan catatlah volume air tersebut (V_{awal})
4. Celupkan batu yang sudah di ikat dengan tali ke dalam air dan catatlah volume air sekarang (V_{akhir})
5. Hitunglah $V_b = V_{\text{akhir}} - V_{\text{awal}}$
6. Hitung volume benda dengan rumus $\rho = \frac{m_b}{V_b}$
7. Ulangi langkah 1-6 untuk jenis benda yang berbeda dan masukkan datanya dalam tabel

Tabel Percobaan

NO	JENIS BENDA	MASSA BENDA	$V_B = V_{\text{akhir}} - V_{\text{awal}}$	MASSA JENIS BENDA
1				
2				
3				

E. Latihan Soal

Jawablah latihan soal berikut ini!

1. Sebuah kolam renang mempunyai kedalaman 5 m dan dengan luas permukaan kolam 50 m². Jika tekanan udara luar 10⁵ Pa, percepatan gravitasi 10 ms⁻², dan massa jenis air 1.000 kg/m³ Berapakah tekanan total di dasar kolam ?
2. Sebuah bejana berhubungan mula-mula berisi air dalam keadaan setimbang. Kemudian, pada salah satu kakinya diisi dengan minyak sehingga air terdesak 2 cm dari keadaan setimbangnya. Jika massa jenis air 1 grcm⁻³, massa jenis minyak 0,8 grcm⁻³. Berapakah tinggi minyak di dalam bejana?
3. Diameter penampang penghisap memiliki perbandingan 1 : 10. Jika gaya pada penghisap kecil adalah 20 N Berapakah beban yang dapat diangkat ?
4. Sebuah benda terapung di atas permukaan air yang berlapis minyak dengan 50 % volume benda berada di dalam air dan 30 % di dalam minyak dan sisanya berada di atas permukaan minyak. Jika massa jenis minyak 0,8 gram/cm³, berapakah massa jenis benda tersebut ?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

KAPILARITAS DAN VISKOSITAS

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini diharapkan peserta didik mampu:

1. mengaplikasikan konsep tegangan permukaan dalam menyelesaikan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari;
2. menerapkan konsep kapilaritas dalam menyelesaikan permasalahan;
3. menerapkan konsep viskositas dalam menyelesaikan permasalahan; dan
4. merancang dan melakukan percobaan viscositas.

B. Uraian Materi

1. Tegangan Permukaan

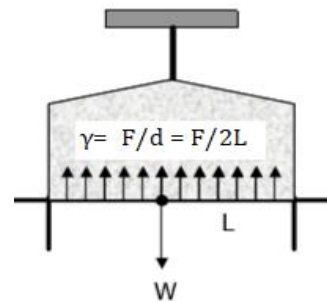


Pengertian tegangan permukaan zat cair Tegangan permukaan zat cair: adalah kecenderungan zat cair untuk menegang sehingga permukaannya seperti ditutupi suatu lapisan elastis.

Tinjau partikel didalam zat cair (A), maka resultan gaya yang bekerja pada partikel tersebut sama dengan nol, karena partikel ditarik oleh gaya yang sama besar kesegala arah. Dan partikel yang berada tepat dibawah permukaan zat cair (B), maka resultan gaya yang bekerja pada partikel tersebut tidak sama dengan nol, karena ada gaya resultan yang arahnya kebawah, sehingga lapisan atas seakan-akan tertutup oleh lapisan selaput elastis yang ketat. Selaput ini cenderung menyempit sekuat mungkin. Oleh karenanya sejumlah tertentu cairan cenderung mengambil bentuk dengan permukaan sesempit mungkin. Inilah yang disebut tegangan permukaan.

Gaya Tegang Permukaan

Gaya tegangan permukaan yang dialami oleh kawat yang dicelupkan kedalam air sabun. Kawat yang lurus posisi horisontal (bawah) cenderung bergerak keatas karena pengaruh tarikan gaya permukaan air sabun. Larutan sabun mempunyai dua permukaan, sehingga gaya tegangan permukaan bekerja sepanjang $2L = d$, tegangan permukaan (γ) didefinisikan sebagai perbandingan antara gaya tegangan permukaan (F) dan panjang permukaan (d) dimana gaya itu bekerja. Sehingga secara matematis, dapat dirumuskan sebagai berikut:



$$\gamma = F/d = F/2L$$

Keterangan :

- F = gaya tegangan permukaan (N)
- d = panjang permukaan (m)
- L = panjang kawat (m)
- γ = tegangan permukaan ($\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$)

Contoh soal

Sebuah kawat panjang 10 cm ditempatkan secara horisontal di permukaan air dan ditarik perlahan dengan gaya 0,02 N untuk menjaga agar kawat tetap seimbang. Tentukan tegangan permukaan air tersebut!

Pembahasan

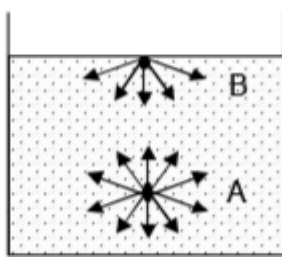
Diketahui :

$$F = 0,02 \text{ N}$$

$$L = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$$

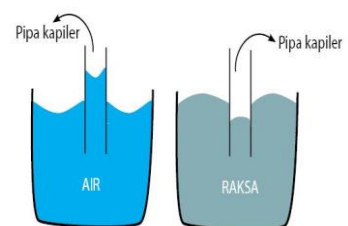
Ditanyakan, γ ?

$$\gamma = \frac{F}{2L} = \frac{0,02}{2 \cdot 0,1} = \frac{0,02}{0,2} = 0,1 \text{ Nm}^{-1}$$



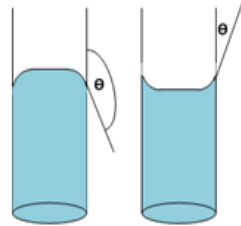
1. Kapilaritas

Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair melalui perantara, seperti kain, dinding, pipa kapiler, dan lain sebagainya. Namun tidak semua zat cair mengalami gejala kapilaritas yang sama. Misalnya pada air dan raksa. Namun tidak semua zat cair mengalami gejala kapilaritas yang sama. Misalnya pada air dan raksa.



Pada zat cair berupa air, permukaan zat cair dapat membasahi dinding. Sedangkan pada zat cair berupa raksa, tidak dapat membasahi dinding, raksa malah akan turun. Air membasahi dinding karena gaya kohesi antar partikel air lebih kecil dari gaya adhesi antara partikel air dan partikel dinding. Gaya tarik-menarik antar partikel sejenis disebut gaya **kohesi**. Sedangkan gaya tarik menarik antar partikel berbeda jenis disebut gaya **adhesi**.

2. Sudut Kontak



Jika arah permukaan zat cair dalam wadah diperpanjang dengan garis lurus maka akan kita dapatkan sudut antara perpanjangan permukaan zat cair dengan arah vertikal wadah, sudut ini disebut dengan sudut kontak. Kenaikan / penurunan fluida dalam pipa kapiler dirumuskan

$$h = \frac{2\gamma \cdot \cos\theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

Keterangan

h = kenaikan/penurunan zat cair dalam pipa kapiler (m)

γ = tegangan permukaan (Nm^{-1})

θ = sudut kontak ($^{\circ}$)

ρ = massa jenis zat cair ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

g = percepatan gravitasi (ms^{-2})

r = jari jari pipa kapiler (m)

Contoh Soal

Sebuah pipa kapiler dengan jari jari 1 mm dimasukkan ke dalam air secara vertical, Air memiliki massa jenis 1 g/cm^3 dan tegangan permukaan 1 N/m . Jika sudut kontaknya 60° dan percepatan gravitasi, $g = 10 \text{ m}/\text{s}^2$, maka hitunglah besarnya kenaikan permukaan air pada dinding pipa kapiler tersebut!

Pembahasan

Diketahui :

$$R = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\rho = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$$

$$\gamma = 1 \text{ N}/\text{m}$$

$$\theta = 60^{\circ}$$

Ditanyakan

$$h = \dots?$$

Jawab

$$h = \frac{2\gamma \cdot \cos\theta}{\rho \cdot g \cdot r}$$

$$h = \frac{2 \cdot 1 \cdot \cos 60}{1 \cdot 10 \cdot 0,01} = 1 \text{ cm}$$

3. Viskositas

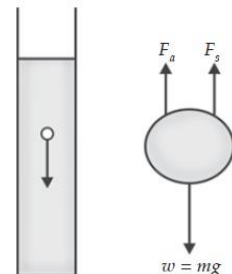


Madu dikenal banyak memiliki segudang khasiat yang sangat baik untuk tubuh. Mulai dari untuk perawatan kulit, membantu menyembuhkan luka, hingga sebagai antioksidan. Segudang manfaat yang terkandung di dalam madu menjadikan olahan madu dapat ditemukan di berbagai macam produk, seperti makanan, minuman, produk kecantikan, dan lain sebagainya. Madu yang berkualitas memiliki kekentalan yang tinggi. Semakin kental madu, maka semakin bagus kualitasnya. Kekentalan madu dipengaruhi oleh kadar air yang dikandung oleh madu tersebut. Jika kadar airnya tinggi, maka madu tersebut akan kelihatan lebih encer. Madu yang encer (kadar air tinggi), bisa dikatakan madu tersebut sudah rusak. Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Viskositas (kekentalan) berasal dari kata Viscous. Suatu bahan apabila dipanaskan sebelum menjadi cair terlebih dahulu menjadi Viscous

Tingkat kekentalan (Viskositas) suatu fluida dinyatakan oleh koefisien kekentalan fluida tersebut. Jika sebuah bola dijatuhkan ke dalam fluida, maka akan mengalami gaya gesek antara permukaan benda dengan fluida. Gaya gesek ini besarnya sebanding dengan koefisien viskositas fluida.

Menurut Stokes, besar gaya tersebut adalah

$$F = 6\pi\eta r v$$



Keterangan :

F = gaya gesek (N)

r = jari jari bola (m)

v = kecepatan bola (m/s)

Koefisien viskositas didefinisikan sebagai hambatan pada aliran cairan. Koefisien viskositas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Poiseuille :

$$\eta = \frac{2 r^2 g}{9 v} (\rho_b - \rho_f)$$

Keterangan :

η = koefisien viskositas (Ns/m²)

r = jari jari bola (m)

ρ_b = massa jenis bola (kg/m³)

ρ_f = massa jenis fluida (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

v = kecepatan terminal bola (m/s²)

Contoh soal

Sebuah bola dengan jari jari 1 mm dan massa jenisnya 2500 kg/m³ jatuh ke dalam air. Jika koefisien viskositas air 10⁻³ Ns/m² dan g = 10 m/s², hitunglah kecepatan terminal!

Diketahui :

r = 1 mm = 1.10⁻³ m

ρ_b = 2500 kg/m³

η = 10⁻³ Ns/m²

g = 10 m/s²

ρ_f = 1000 kg/m³

Ditanyakan v ?

Jawab

$$\begin{aligned} v &= \frac{2 r^2 g}{9 \eta} (\rho_b - \rho_f) \\ &= \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{9 \cdot 10^{-3}} (2500 - 1000) \\ &= 3,3 \text{ m/s} \end{aligned}$$

C. Rangkuman

1. Tegangan permukaan zat cair: adalah kecenderungan zat cair untuk menegang sehingga permukaannya seperti ditutupi suatu lapisan elastis. Gaya tegangan permukaan yang dialami oleh kawat yang dicelupkan kedalam air sabun

$$\Gamma = F/d = F/2L$$

2. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya permukaan zat cair melalui perantara, seperti kain, dinding, pipa kapiler, dan lain sebagainya. Kenaikan / penurunan fluida dalam pipa kapiler dirumuskan

$$H = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g R}$$

3. Tingkat kekentalan (Viscositas) suatu fluida dinyatakan oleh koefisien kekentalan fluida tersebut
Gaya Stokes

$$F = 6\pi\eta r v$$

Koefisien viscositas

$$\eta = \frac{2 r^2 g}{9 v} (\rho_b - \rho_f)$$

D. Latihan Soal

Jawablah soal berikut ini agar dapat mengetahui tingkat pemahaman kalian

1. Sebatang kawat menyerupai huruf U, Kawat AB bermassa 0,3 gram kemudian dipasang pada kawat tersebut Rangkaian kawat kemudian dicelupkan ke dalam lapisan sabun dan diangkat sehingga terbentuk lapisan sabun pada kawat tersebut. Agar terjadi keseimbangan, maka pada kawat AB digantungkan beban bermassa 0,2 gram. Jika panjang AB 10 cm, dan $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Hitunglah besar tegangan permukaan !
2. Sebuah kawat sepanjang 10 cm berada diatas permukaan zat cair. Jika gaya tegangan permukaan $4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$, berapakah besar tegangan permukaan zat cair tersebut?
3. Jari jari pembuluh Xilem pada tanaman $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}$. Jika tegangan permukaan air $72,8 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$, sudut kontak 0° dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, berapakah tinggi kenaikan air pada pembuluh akibat adanya kapilaritas ?
4. Sebuah kelereng berdiameter 1 cm dijatuhkan secara bebas dalam oli yang massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$. Jika koefisien kekentalan oli 0,03 Pas, massa jenis kelereng $2,6 \text{ g/cm}^3$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$, berapakah kecepatan terbesar yang dicapai kelereng ?