

FLUIDA

STANDAR KOMPETENSI :

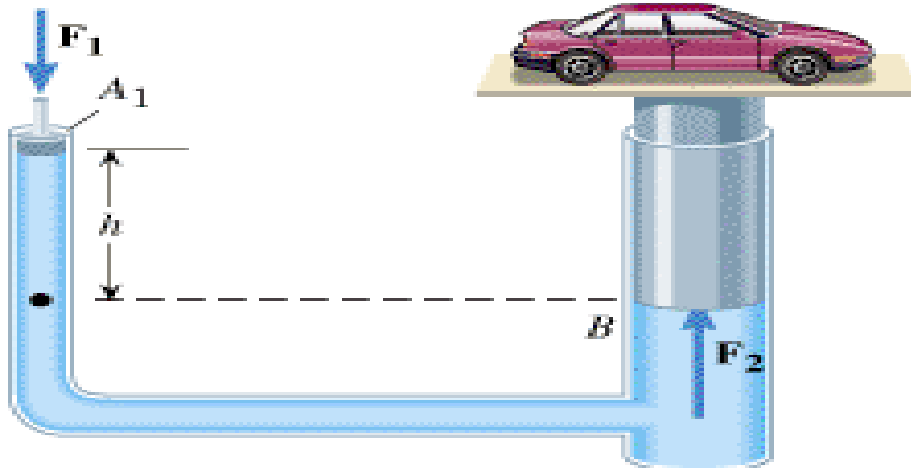
Menerapkan konsep dan prinsip mekanika klasik sistem kontinu dalam menyelesaikan masalah.

KOMPETENSI DASAR

- Setelah mempelajari bab ini Kamu dapat menganalisis hukum-hukum yang berhubungan dengan fluida statik dan dinamik serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari



Telur dapat melayang di dalam zat cair. Menurut hukum Archimedes pada keadaan itu massa jenis telur sama dengan massa jenis zat cair. Zat cair sebagai fluida memiliki gaya tekan ke atas sebesar tekanan dikalikan dengan luas penampang telur. Menurut Pascal tekanan itu akan ditruskan ke segala arah dengan sama besarnya. Pernahkah kamu melihat alat hidrolis pengangkat mobil di tempat pencucian mobil? Mobil dapat dinaikkan di atas pengisap yang didorong oleh gaya hidrostatis dan gaya ini hasil kali dari tekanan dengan luas penampang pengisap yang dipakai landasan mobil. Dalam bab ini Kamu akan mempelajari fluida statik dan fluida dinamik beserta hukum-hukum yang terkait di dalamnya serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



Gerbang

Kapal selam dapat tenggelam dalam air laut dan dapat muncul lagi ke atas dengan mengisi atau mengosongkan rongga udara di dalamnya dengan fluida. Dalam fisika proses-proses gerak fluida memerlukan pembahasan khusus mengingat sifat-sifat fluida yang berbeda dengan sifat-sifat zat padat. Mekanika fluida membahas zat dalam keadaan berwujud cair atau gas dengan segala fenomenanya. Mekanika fluida membatasi pembahasan gerak fluida dengan menganggap fluida tidak mengalami perubahan volume sewaktu diberi tekanan. Dalam keadaan itu fluida disebut tidak kompresibel. Pembahasan fluida meliputi fluida statik dan fluida dinamik.



Kapal Selam

A. Fluida Statik

Fluida merupakan istilah untuk zat alir. Zat alir dibatasi pada zat mengalirkan seluruh bagian-bagiannya ke tempat lain dalam waktu yang bersamaan. Zat alir mencakup zat yang dalam wujud cair dan gas. Fluida statik meninjau fluida yang tidak bergerak. Misalnya air di gelas, air di kolam renang, air dalam kolam, air danau, dan sebagainya.

Penggolongan fluida menurut sifat-sifatnya dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Fluida ideal
2. Fluida sejati



Gambar:
Air dalam gelas adalah
fluida statik

1) Fluida ideal

Ciri-ciri Fluida ideal adalah:

- a. Fluida yang tidak kompresibel (volumenya tidak berubah karena perubahan tekanan)
- b. Berpindah tanpa mengalami gesekan

2) Fluida sejati

Ciri-ciri Fluida sejati adalah:

- a. Kompresibel
- b. Berpindah dengan mengalami gesekan

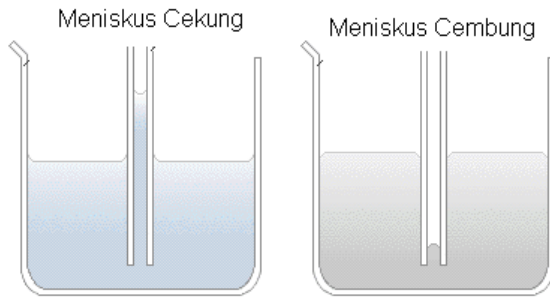
Sedangkan gaya-gaya yang bekerja pada fluida ada tiga macam yaitu:

- Kohesi, yaitu : gaya tarik-menarik antara partikel-partikel yang sejenis
- Adhesi, yaitu : gaya tarik-menarik antara partikel-partikel yang tidak sejenis
- tegangan permukaan , yaitu gaya pada permukaan fluida, anggaplah bahwa setetes air seolah-olah ada pembungkus.

1. Kohesi dan Adhesi

Setetes air yang jatuh di kaca meja akan berbeda bentuknya bila dijatuhkan di sehelai daun talas. Mengapa demikian ? Antara molekul-molekul air terjadi gaya tarik-menarik yang disebut dengan gaya kohesi molekul air. Gaya kohesi diartikan sebagai gaya tarik-menarik antara partikel-partikel zat yang sejenis. Pada saat air bersentuhan dengan benda lain maka molekul-molekul bagian luarnya tarik-menarik dengan molekul-molekul luar benda lain tersebut. Gaya tarik-menarik antara partikel zat yang tidak sejenis disebut gaya adhesi. Gaya adhesi antara molekul air dengan molekul kaca berbeda dibandingkan gaya adhesi antara molekul air dengan molekul daun talas. Demikian pula gaya kohesi antar molekul air lebih kecil daripada gaya adhesi antara molekul air dengan molekul kaca. Itulah sebabnya air membasahi kaca berbentuk melebar. Namun air tidak membasahi daun talas melainkan tetes air berbentuk bulat-bulat menggelinding di permukaan karena gaya kohesi antar molekul air lebih besar daripada gaya adhesi antara molekul air dan molekul daun talas.

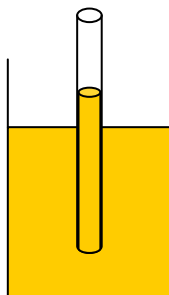
Gaya kohesi maupun gaya adhesi mempengaruhi bentuk permukaan zat cair dalam wadahnya. Misalkan ke dalam dua buah tabung reaksi masing-masing diisi air dan air raksa. Apa yang terjadi ? Permukaan air dalam tabung reaksi berbentuk cekung disebut meniskus cekung sedangkan permukaan air raksa dalam tabung reaksi berbentuk cembung disebut meniskus cembung. Hal itu dapat dijelaskan bahwa gaya adhesi molekul air dengan molekul kaca lebih besar daripada gaya kohesi antar molekul air, sedangkan gaya adhesi molekul air raksa dengan molekul kaca lebih kecil daripada gaya kohesi antara molekul air raksa.



Meniskus cekung dan meniskus cembung

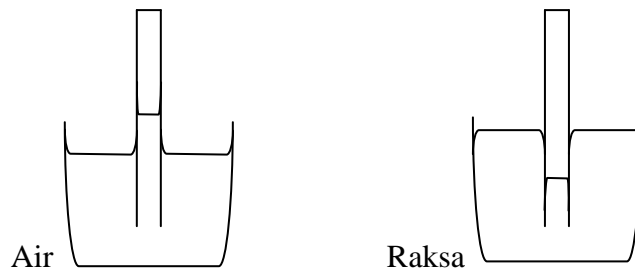
Meniskus cembung maupun meniskus cekung menyebabkan sudut kontak antara bidang wadah (tabung) dengan permukaan zat cair berbeda besarnya. Meniskus cembung menimbulkan sudut kontak tumpul ($> 90^\circ$), sedangkan meniskus cekung menimbulkan sudut kontak lancip ($< 90^\circ$).

Gaya kohesi dan gaya adhesi juga berpengaruh pada gejala kapilaritas. Sebuah pipa kapiler kaca bila dicelupkan pada tabung berisi air akan dijumpai air dapat naik ke dalam pembuluh kaca pipa kapiler, sebaliknya bila pembuluh pipa kapiler dicelupkan pada tabung berisi air raksa akan dijumpai bahwa air raksa di dalam pembuluh kaca pipa kapiler lebih rendah permukaannya dibandingkan permukaan air raksa dalam tabung.



Gambar:
Pipa kapiler

Jadi kapilaritas sangat tergantung pada kohesi dan adhesi. Air naik dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan adhesi sedangkan air raksa turun dalam pembuluh pipa kapiler dikarenakan kohesi. Perhatikan gambar berikut ini.



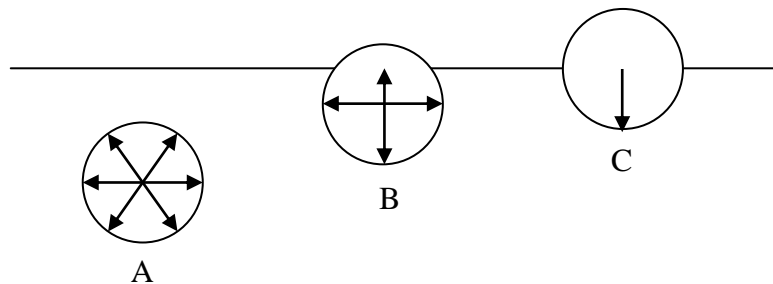
Gambar: Pipa kapiler dalam tabung berisi air maupun air raksa

Pada air: Permukaannya cekung, pada pipa kapiler permukaannya lebih tinggi, karena adhesinya lebih kuat dari kohesinya sendiri.

Pada raksa: Permukaannya cembung, sedangkan pada pipa kapiler permukaannya lebih rendah, karena kohesi air raksa lebih besar dari adhesi antara air raksa dengan kaca.

2. Tegangan Permukaan

Dalam zat cair ada partikel-partikel yang dikelilingi semacam bola dimana partikel itu sebagai pusatnya. Dalam bola itu adalah suatu medan. Perhatikan tiga buah partikel fluida A, B, C .



Gambar : Tiga buah partikel fluida yang terletak di tempat-tempat berbeda memiliki keadaan gaya yang berbeda

Partikel A = dalam keadaan setimbang, bekerja gaya-gaya yang sama besar dari semua arah

Partikel B = karena $F_1 > F_2$, gaya yang arahnya ke bawah lebih besar daripada gaya yang arahnya ke atas

Partikel C = hanya ada gaya ke bawah, hal inilah yang dapat menyebabkan tegangan permukaan

Karena adanya kohesi, partikel-partikel pada permukaan air cenderung ditarik ke dalam. Sehingga zat cair membentuk permukaan yang sekecil-kecilnya.

Dengan adanya adhesi, kohesi dan tegangan permukaan ketiganya dapat menentukan bentuk-bentuk permukaan zat cair. Bentuk permukaan itu misalnya cembung atau cekung.

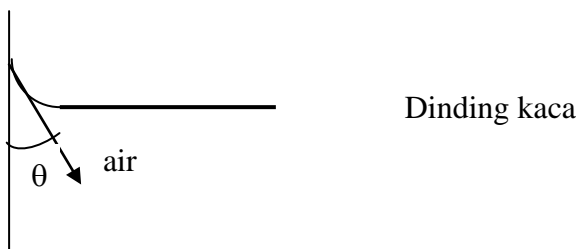
a. Zat cair dalam bejana :

Sudut kontak (θ) yaitu sudut yang dibatasi oleh 2 bidang batas yaitu dinding tabung dan permukaan zat cair. Dengan pemahaman bahwa,

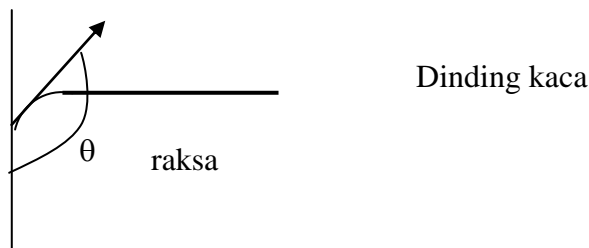
- dinding tabung : sebagai bidang batas antara zat cair dan tabung,
- permukaan zat cair : sebagai bidang batas antara zat cair dan uapnya ($\theta = 180^0$)

Menurut sudut kontak nya bentuk-bentuk permukaan zat cair dalam bejana :

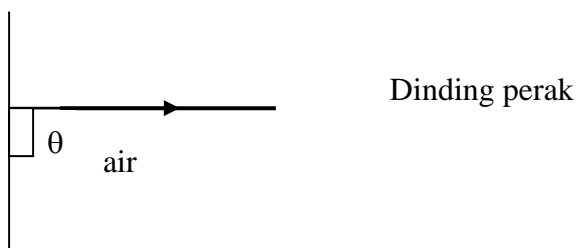
1. Cekung = air dengan dinding gelas, $0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$, zat cair membasahi dinding.



2. Cembung = air raksa dengan dinding gelas, $0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$, zat cair tidak membasahi dinding.



3. Datar = air dengan dinding perak, $\theta = 90^{\circ}$

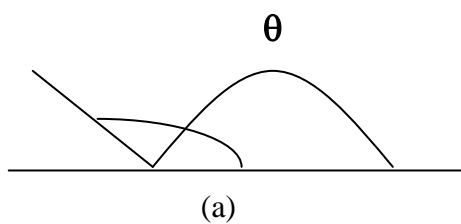


Tabel Sudut Kontak

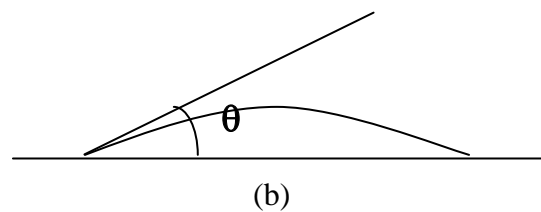
| Zat Cair | Dinding | Sudut Kontak |
|-----------------|---------------|--------------|
| Air | Parafin | 107° |
| | Dinding perak | 90° |
| | Gelas pirex | 63° |
| Methylin Yodida | Gelas kali | 29° |
| | Timah hitam | 30° |
| | Pirex | 29° |

Efek pengurangan sudut kontak karena bahan pembasah kotoran atau campuran yang terdapat di dalam zat cair dapat merubah besarnya sudut kontak. Oleh pabrik banyak dibuat bahan-bahan kimia yang sangat tinggi potensinya sebagai zat pembasah. Contoh : deterjen, rinso, dan lain-lain.

Senyawa-senyawa ini merubah besarnya sudut kontak yang semula besarnya dari 90° menjadi lebih kecil 90°. Sehingga zat cair membasahi bahan. Sebaliknya zat yang membuat kain menjadi tahan air membuat sudut kontak air dengan kain menjadi lebih besar 90°.

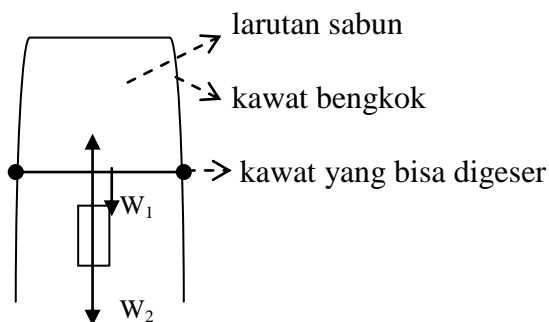


Sebelum dicampur zat pembasah



Setelah dicampur zat pembasah

b. Tegangan Permukaan pada kawat yang dibengkokkan



Gaya yang digunakan untuk menahan kawat supaya kawat dalam keadaan setimbang.

$$F = W_1 + W_2$$

$$\gamma = \frac{F}{2l} \text{ Newton /meter}$$

Tegangan permukaan = gaya per satuan panjang

Kawat digeser sejauh s maka ada tambahan luas $= l \cdot s$.

Untuk menambah luas tersebut perlu dilakukan usaha dari luar $W = F \cdot s$

Usaha yang dilakukan per satuan luas adalah $\frac{F \cdot s}{2 \cdot l \cdot s} = \frac{F}{2l} = \gamma$

Usaha yang dilakukan per satuan luas adalah tegangan permukaan = besarnya energi per satuan luas

Satuan tegangan permukaan = $\text{Newton} / \text{meter} = \text{Joule} / \text{m}^2$

Alat untuk menentukan tegangan permukaan disebut Neraca Torsi.

Kerja Kelompok

Neraca Torsi

Tujuan : Menentukan besarnya tegangan permukaan air dan larutan sabun

Alat-alat :


- neraca torsi
- kawat yang dibengkokkan
- keping kaca bejana berisi air atau larutan sabun
- anak timbangan

Dasar teori :

a) Bila digunakan alat kawat yang dibengkokkan digunakan rumus

$$\gamma = \frac{F}{2l}$$


b) Bila yang digunakan keping kaca maka menggunakan rumus

$$\gamma = \frac{F}{2(l + d)}$$


Cara kerja: hitunglah gaya dari selisih jarum ketika akan lepas dan ketika lepas beban.

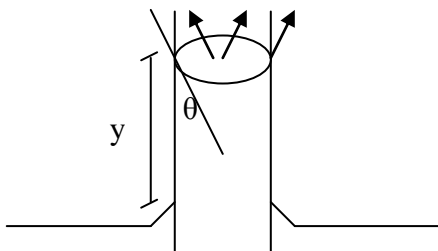
Kerja Berpasangan

Kerjakan soal-soal berikut bersama teman terdekatmu!

1. Sebuah kawat berbentuk segitiga sama sisi diletakkan perlahan-lahan di atas permukaan zat cair. Tegangan permukaan zat cair 74 dyne/cm. Gaya oleh tegangan permukaan 1,776 dyne. Tentukan tinggi segitiga tersebut!
2. Sebuah pisau silet uang berukuran 3 cm x 1½ cm, diletakkan di atas permukaan zat cair. Tegangan permukaan zat cair 72 dyne/cm. Tentukan berat minimum silet tersebut agar tidak tenggelam!
3. Untuk mengangkat sebuah jarum yang panjangnya 5 cm dari permukaan zat cair, kecuali berat jarum itu sendiri, masih diperlukan gaya sebesar F Newton. Tegangan permukaan zat cair 63,1 dyne/cm. Tentukan F!

c. Permukaan zat cair dalam pipa kapiler

Zat cair yang membasahi dinding



Karena adhesi menyebabkan zat cair yang dekat dengan dinding naik

Karena kohesi menyebabkan zat cair yang ada di tengah ikut naik

Naiknya air dalam pipa diimbangi oleh berat air itu sendiri

Gaya yang menarik ke atas : $2 \pi r \gamma \cos \theta$

Berat air : $\pi r^2 \rho g y$

$$2 \pi r \gamma \cos \theta = \pi r^2 \rho g y$$

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

Contoh:

1. Untuk mengangkat sepotong kawat yang panjangnya 7,5 cm dari permukaan air, kecuali gaya beratnya masih diperlukan gaya tambahan 1165 dyne. Berapakah besarnya tegangan permukaan air pada suhu tersebut ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} l &= 7,5 \text{ cm} \\ F &= 1165 \text{ dyne} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} l \\ F \end{aligned}} \right\} \gamma = \dots ?$$

$$\gamma = \frac{F}{2l} = \frac{1165}{2 \cdot 7,5} = \frac{1165}{15} = 77,667 \text{ dyne/cm}$$

2. Etil alkohol naik 25 mm dari sebuah pipa gelas yang berdiameter 0,4 mm. Jika massa jenis etil alkohol $0,79 \text{ gr/cm}^3$. Berapakah tegangan permukaan pada suhu tersebut. Sudut kontak antara etil alcohol dengan gelas : 30°

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} y &= 25 \text{ mm} \\ d &= 0,4 \text{ mm} \\ \rho &= 0,79 \text{ gr/cm}^3 \\ \theta &= 30^\circ \\ r &= 0,2 \text{ mm} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} y \\ d \\ \rho \\ \theta \\ r \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} \gamma &= \dots ? \\ \gamma &= \frac{\rho g y r}{2 \cos \theta} \\ &= \frac{0,02 \cdot 0,79 \cdot 980 \cdot 2,5}{2 \cos 30^\circ} \\ &= \frac{38,71}{1,73} = 22,35 \text{ dyne cm}^{-1} \end{aligned}$$

3. Sebuah pipa barometer air raksa mempunyai diameter 4 mm. Sudut kontak antara air raksa dan gelas 128° . Massa jenis air raksa $13,6 \text{ gr/cm}^3$. Berapakah salah pembacaan yang harus dikoreksi karena tegangan permukaan air raksa itu. Diketahui tegangan permukaan air raksa 465 dyne/cm^3 .

Penyelesaian :

$$\gamma = \frac{\rho g y r}{2 \cos \theta} \quad \text{maka} \quad y = \frac{2 \gamma \cos \theta}{\rho g r}$$

$$= \frac{2.465 \cdot \cos 128}{0,2 \cdot 13,6 \cdot 980}$$

$$y = 0,215 \text{ cm}$$

Kerja Mandiri

Kerjakan soal-soal berikut ini!

1. Hitunglah tekanan (turunnya tinggi) pipa kapiler berdiameter 0,4 mm dan diletakkan vertikal yang salah satu ujungnya dicelupkan dalam bak yang berisi air raksa. (massa jenis 13,6 g/cm³) dengan sudut kontak 150⁰, tegangan permukaan 450 dyne/cm.
2. Sebuah pipa kapiler dimasukkan tegak lurus ke dalam air raksa. Tegangan permukaan air raksa 0,5 N/m. Selisih tinggi air raksa didalam dan diluar pipa = 1/2 √2 cm. Diameter kapiler = 1/6,28 cm ; massa jenis Hg = 13,6 g/cm³ ; g = 10 m/det². Tentukan besarnya sudut kontak antara air raksa dan dinding pipa.

3. Tekanan Hidrostatik.

Tekanan adalah gaya per satuan luas yang bekerja dalam arah tegak lurus suatu permukaan.

Tekanan disimbolkan dengan : p

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

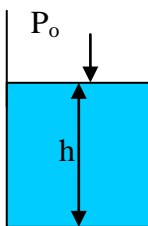
Tekanan hidrostatik adalah tekanan yang disebabkan oleh berat zat cair.

Tiap titik di dalam fluida tidak memiliki tekanan yang sama besar, tetapi berbeda-beda sesuai dengan ketinggian titik tersebut dari suatu titik acuan.

Dasar bejana akan mendapat tekanan sebesar :

P = tekanan udara luar + tekanan oleh gaya berat zat cair

(Tekanan Hidrostatik).



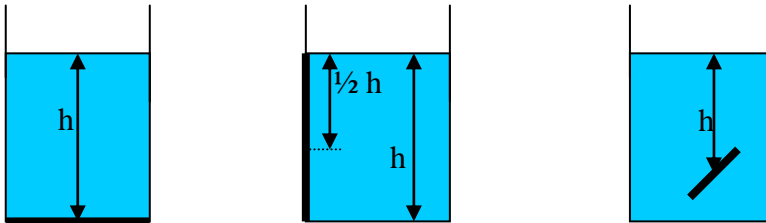
$$p = p_o + \frac{\text{Gaya berat fluida}}{\text{Luas penampang dasar bejana}}$$

$$p = p_o + \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} = p_o + \frac{\rho \cdot g \cdot A \cdot h}{A}$$

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h$$

Jadi Tekanan Hidrostatik (P_h) didefinisikan :

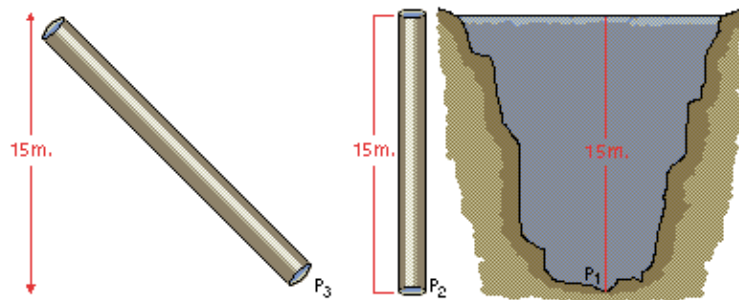
$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$



Untuk konversi satuan tekanan adalah : 1 atm = 76 cm Hg dan $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^6 \text{ dyne/cm}^2$

Untuk bidang miring dalam mencari h maka dicari lebih dahulu titik tengahnya (disebut : titik massa).

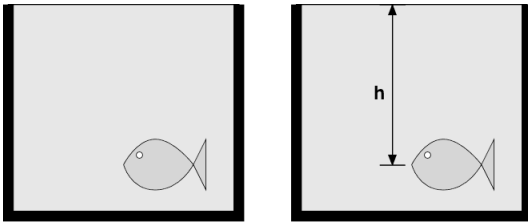
Tiap titik yang memiliki kedalaman sama diukur dari permukaan zat cair akan memiliki tekanan hidrostatik sama



Gambar: Pada kedalaman yang sama tekanan hidrostatik bernilai sama asal zat cair sejenis $p_1 = p_2 = p_3$

Contoh:

1. Seekor ikan berada di dasar kolam air tawar sedalam $h = 5$ meter. Hitunglah tekanan hidrostatis yang dialami ikan!



Penyelesaian

$$p_h = \rho \cdot g \cdot h$$

$$p_h = 1000 \cdot 10 \cdot 5$$

$$p_h = 5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

Kerja Mandiri

1. Apabila sebuah kapal selam menyelam sedalam 60 m, berapa besar tekanan yang dialami kapal selam tersebut. (massa jenis air laut = $1,03 \text{ g/cm}^3$).
2. Sebuah bejana yang berukuran panjang 40 cm, lebar 30 cm dan tinggi 25 cm berisi minyak sebanyak 19,2 kg.
 Massa jenis minyak = $0,8 \text{ g/cm}^3$; $g = 10 \text{ m/det}^2$; tekanan udara luar = 76 cmHg.
 - a. Tentukan tekanan total dan gaya total yang dialami dasar bejana.
 - b. Tentukan tekanan hidrostatis dan gaya hidrostatis yang dialami oleh dinding bejana.

4. Hukum Pascal.

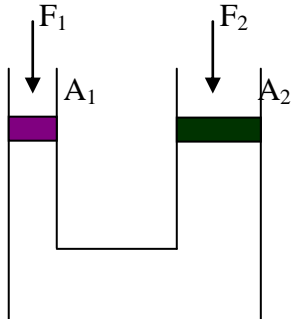
Hukum Pascal berbunyi sebagai berikut, tekanan yang bekerja pada fluida di dalam ruang tertutup akan diteruskan oleh fluida tersebut ke segala arah dengan sama besar.



Gambar:
Blaise Pascal

Contoh alat yang berdasarkan hukum Pascal adalah : pompa hidrolik, kempa hidrolik, alat pengangkat mobil.

Perhatikan gambar bejana berhubungan di bawah ini.



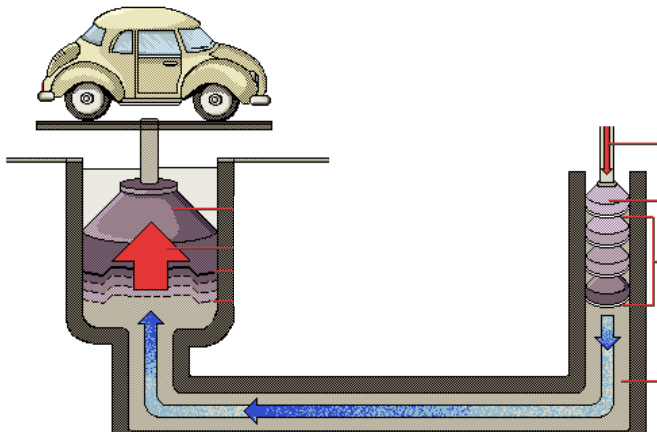
Permukaan fluida pada kedua kaki bejana berhubungan sama tinggi.

Bila kaki I yang luas penampangnya A_1 mendapat gaya F_1 dan kaki II yang luas penampangnya A_2 mendapat gaya F_2 maka menurut Hukum Pascal harus berlaku :

$$p_1 = p_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad \text{atau} \quad F_1 : F_2 = A_1 : A_2$$

Pada alat pengangkat mobil dengan gaya yang kecil dapat menghasilkan gaya angkat yang besar sehingga mampu mengangkat mobil



Gambar :
Alat hidrolik pengangkat mobil

Kerja Berpasangan

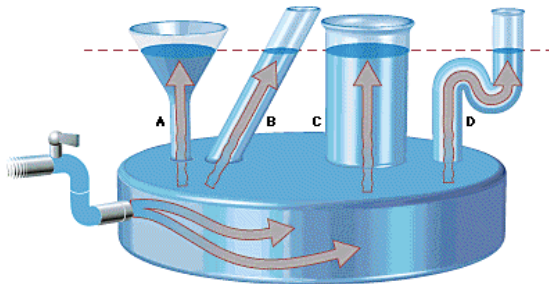
Kerjakan soal-soal berikut bersama teman sebangkumu!

1. Luas penampang penghisap yang kecil dan yang besar dari suatu pompa hidrolik adalah 6 cm^2 dan 20 cm^2 . Jika pada penghisap yang kecil bekerja gaya 50 N , berapakah besar gaya timbul pada penghisap yang besar ?
2. Pompa hidrolik mempunyai penghisap dengan luas penampang 15 cm^2 dan 3 dm^2 . Jika pada penghisap yang kecil diberi beban 400 N . Berapa besar gaya pada penghisap yang besar agar terjadi keseimbangan ?

3. Gaya besarnya 5 N pada penghisap yang kecil dari suatu pompa hidrolik dapat mengangkat beban beratnya 600 N yang terdapat pada penghisap yang besar. Jika penghisap yang kecil berpenampang 400 cm^2 , berapakah luas penampang yang besar ?
4. Suatu kempa hidrolik dapat mengangkat 1 ton mobil, jika diameter penghisap besar 50 cm, diameter penghisap kecil 10 cm. Tentukan gaya yang harus dikerjakan pada penghisap kecil.
5. Sebuah kempa hidrolik mempunyai torak yang berdiameter 20 cm dan 2 m untuk mengangkat mobil. Pada torak kecil dilakukan gaya sebesar 100 N, sehingga torak besar naik setinggi 1 cm. Tentukan massa mobil dan berapa m turunnya torak kecil tersebut.

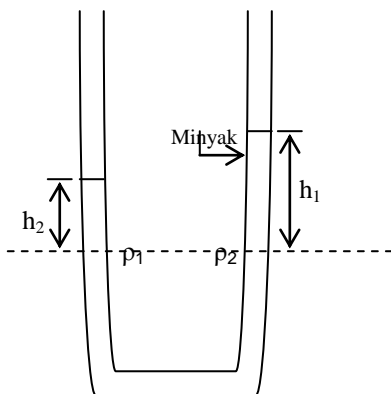
5. Hukum Utama Hidrostatik.

Hukum utama hidrostatik berbunyi sebagai berikut, tekanan hidrostatik pada sembarang titik yang terletak pada bidang mendatar di dalam sejenis zat cair yang dalam keadaan seimbang adalah sama.



Gambar:
Skema hukum utama hidrostatik

Hukum utama hidrostatika berlaku pula pada pipa U (bejana berhubungan) yang diisi lebih dari satu



$$(p_h)_A = (p_h)_B$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

macam zat cair yang tidak bercampur.

Percobaan pipa U ini biasanya digunakan untuk menentukan massa jenis zat cair.

Gaya Hidrostatika. (= F_h)

Besarnya gaya hidrostatika (F_h) yang bekerja pada bidang seluas A adalah :

$$F_h = p_h \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$$

$$F_h = \rho \cdot g \cdot V$$

Dimana F_h = gaya hidrostatika dalam SI (MKS) adalah Newton, dalam CGS adalah dyne.

Kerja Berpasangan**Kerjakan soal-soal berikut bersama teman sebangkumu!**

1. Suatu bejana berbentuk pipa U mula-mula diisi dengan air raksa yang massa jenisnya $13,6 \text{ g/cm}^3$, kemudian kaki kanan dituangkan 14 cm air lalu di atas air ini dituangkan minyak yang massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$, ternyata dalam keadaan setimbang selisih tinggi permukaan air raksa dalam kedua kaki 2 cm. Hitung berapa cm tinggi lajur minyak pada kaki kanan.
2. Dalam pipa U terdapat Hg (massa jenisnya $13,6 \text{ g/cm}^3$). Pada kaki kiri dituangkan air setinggi 20 cm kemudian minyak (massa jenisnya $0,9 \text{ g/cm}^3$) tingginya 8 cm. Pada kaki kanan ditambahkan alkohol (massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$) sehingga permukaan minyak dan permukaan alkohol sebidang. Berapa beda tinggi Hg pada kedua kaki pipa ?
3. Dalam pipa U terdapat Hg (massa jenisnya $13,6 \text{ g/cm}^3$). Pada kaki kiri dituangkan air setinggi 30 cm. Berapa tinggi minyak pada kaki di sebelah kanan harus ditambahkan agar permukaan air dan permukaan minyak sebidang ? (massa jenis minyak $0,9 \text{ g/cm}^3$).
4. Kaki kiri dan kanan sebuah pipa U masing-masing berdiameter 3 cm dan $1\frac{1}{2}$ cm, mula-mula diisi air raksa ($\rho_{\text{Hg}} = 13,6 \text{ g/cm}^3$). Kemudian kaki kiri diisi alkohol (massa jenis $0,8 \text{ g/cm}^3$), kaki kanan diisi bensin (massa jenisnya $0,7 \text{ g/cm}^3$) setinggi 2 cm, sehingga tinggi air raksa di kaki kanan naik 1 cm. Hitunglah volume alkohol yang dituangkan.
5. Ke dalam pipa U yang berdiameter $\frac{5}{\pi}$ cm, mula-mula diisi air raksa (massa jenisnya $13,6 \text{ g/cm}^3$). Kemudian kaki kiri diisi dengan gliserin (massa jenisnya $1,25 \text{ g/cm}^3$). Tentukan volume gliserin yang diperlukan agar air raksa pada kaki kanan naik $\frac{1}{2}$ cm.

6. Hukum Archimedes

Suatu benda berada dalam ruangan terisi oleh zat cair (diam) maka gaya-gaya dengan arah horizontal saling menghapuskan (tidak dibicarakan) karena resultan gaya = 0

Sedangkan gaya-gaya dengan arah vertikal antara lain gaya berat benda, gaya berat zat cair, gaya tekan ke atas (gaya Archimedes), gaya Stokes.

Hukum Archimedes berbunyi sebagai berikut, semua benda yang dimasukkan dalam zat cair akan mendapat gaya ke atas dari zat cair itu seberat zat cair yang dipindahkan yaitu sebesar $\rho_c \cdot g \cdot V_c$.



Gambar:
Archimedes

Ada tiga keadaan benda berada dalam zat cair antara lain sebagai berikut.

1) Benda tenggelam di dalam zat cair.

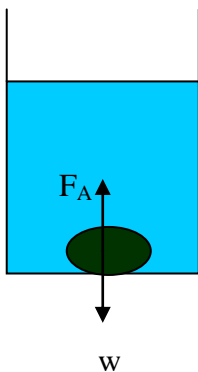
Berat zat cair yang dipindahkan = $m_c \cdot g$

$$= \rho_c \cdot V_c \cdot g$$

Karena Volume zat cair yang dipindahkan = Volume benda, maka :

$$= \rho_c \cdot V_b \cdot g$$

Gaya keatas yang dialami benda tersebut besarnya :



$$F_A = \rho_c \cdot V_b \cdot g$$

Dimana,

ρ_b = Rapat massa benda

ρ_c = Rapat massa zat cair

W = Berat benda di udara

w_c = Berat semu

F_A = Gaya ke atas

V_b = Volume benda

V_c = Volume zat cair yang dipindahkan

(berat benda di dalam zat cair).

Benda tenggelam maka : $F_A < W$

$$\rho_c \cdot V_b \cdot g < \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

$$\rho_c < \rho_b$$

Selisih antara w dan F_A disebut Berat Semu (w_c)

$$w_c = w - F_A$$

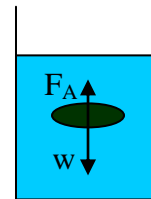
2) Benda melayang di dalam zat cair.

Benda melayang di dalam zat cair berarti benda tersebut dalam keadaan setimbang.

$$F_A = w$$

$$\rho_c \cdot V_b \cdot g = \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

$$\rho_c = \rho_b$$



Pada 2 benda atau lebih yang melayang dalam zat cair akan berlaku :

$$(F_A)_{tot} = w_{tot}$$

$$\rho_c \cdot g (V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots) = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + \dots$$

3) Benda terapung di dalam zat cair.

Misalkan sepotong gabus ditahan pada dasar bejana berisi zat cair, setelah dilepas, gabus tersebut akan naik ke permukaan zat cair (terapung) karena :

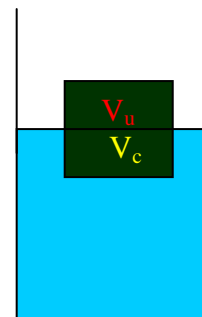
$$F_A > w$$

$$\rho_c \cdot V_b \cdot g > \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

$$\rho_c > \rho_b$$

Selisih antara w dan F_A disebut gaya naik (F_n).

$$F_n = F_A - w$$



Benda terapung tentunya dalam keadaan setimbang, sehingga berlaku :

$$F_A = W$$

$$\rho_c \cdot V_c \cdot g = \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

F_A = Gaya ke atas yang dialami oleh bagian benda yang tercelup di dalam zat cair.

V_u = Volume benda yang berada dipermukaan zat cair.

V_c = Volume benda yang tercelup di dalam zat cair.

$$V_b = V_u + V_c$$

$$F_A = \rho_c \cdot V_c \cdot g$$

Benda terapung yang tepat diam diberlakukan keseimbangan benda yang mana resultan gaya pada benda sama dengan nol. Maka berlaku $F_A = w$

$$\rho_c \cdot V_c \cdot g = \rho_b \cdot V_b \cdot g$$

$$V_c = \frac{\rho_b}{\rho_c} V_b$$

Karena

$$V_b = V_u + V_c$$

$$V_u = V_b - V_c$$

$$V_u = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_c}\right) V_b$$

4) Hukum Archimedes Untuk Gas.

Balon Udara.

Sebuah balon udara dapat naik disebabkan adanya gaya ke atas yang dilakukan oleh udara.

Balon udara diisi dengan gas yang lebih ringan dari udara misalnya : H_2 , He sehingga terjadi peristiwa seolah-olah terapung.

Balon akan naik jika gaya ke atas $F_A > w_{tot}$ (berat total) sehingga :

$$F = F_A - W_{tot}$$

Dimana $F_A = \rho_{ud} \cdot g \cdot V_{balon}$ dan $w_{tot} = w_{balon} + w_{gas} + w_{beban}$

$$w_{gas} = \rho_{gas} \cdot g \cdot V_{balon}$$

Dengan Keterangan :

$$F_A = \text{Gaya ke atas (N)}$$

- F = Gaya naik (N)
 ρ_{gas} = Massa jenis gas pengisi balon (kg/m^3)
 ρ_{ud} = Massa jenis udara = $1,3 \text{ kg/m}^3$
w = Berat (N)
V = Volume (m^3)

Kerja Kelompok

Kerjakan soal-soal berikut bersama kelompokmu!

1. Sepotong logam beratnya di udara 4 N, tetapi beratnya tinggal 2,5 N bila dibenamkan dalam zat cair. Berapakah gaya tekan ke atas yang diderita benda?
2. Sebuah silinder aluminium pejal mempunyai massa jenis 2700 kg/m^3 , massanya 77 gram. Berat aluminium itu tinggal 450 N bila dibenamkan dalam minyak tanah. Berapa massa jenis minyak tanah?
3. Sebuah benda terapung di atas minyak yang mempunyai massa jenis $0,9 \text{ g/cm}^3$. Tinggi benda tersebut adalah 20 cm, sedangkan tinggi benda yang tidak tercelup adalah 2 cm. berapa massa jenis benda tersebut?
4. Sepotong gabus terapung di atas air dengan $\frac{1}{4}$ bagian terendam. Jika berat jenis air adalah 1 gr/cm^3 , hitunglah berat jenis gabus!
5. Suatu benda dicelupkan dalam zat cair yang massa jenisnya 1 gr/cm^3 , ternyata mendapat gaya ke atas sebesar 40 dyne. Bila massa jenis benda dua kali berat jenis air, berapakah volume benda itu?
6. Batang besi dalam air berat semuanya 372 N. Berapa berat semu besi tersebut dalam cairan yang densitasnya $0,75 \text{ g/cm}^3$ jika berat besi 472 N?
7. Suatu gelas beratnya 25 N di udara, 15 N di air, dan 7 N di dalam asam belerang, hitung massa jenis asam belerang!
8. Sebuah benda mempunyai berat 100 N di udara dan 60 N di minyak (massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$). Hitung massa jenis benda tersebut!
9. Sepotong besi massanya 450 gram, di dalam air massanya berkurang menjadi 390 gram. Tentukan massa jenis besi!

10. Sebuah patung berongga mempunyai berat 210 N dan jika ditimbang di dalam air beratnya 190 N. Patung tersebut terbuat dari logam (massa jenisnya 21 g/cm^3). Tentukan volume rongga patung tersebut. ($g = 10 \text{ m/det}^2$)!
11. Sebatang emas (massa jenisnya $19,3 \text{ g/cm}^3$) dicurigai mempunyai rongga. Beratnya di udara 0,3825 N dan di air 0,3622 N. Berapa besar rongga tersebut ?
12. 50 gram gabus (massa jenisnya $0,25 \text{ g/cm}^3$) diikatkan pada timbal sehingga gabungan benda melayang di dalam air. Berapa berat timbal (massa jenisnya $11,3 \text{ g/cm}^3$)?
13. Sebuah kubus dari gabus dibebani dengan sepotong logam sehingga melayang dalam aseton. Jika massa logam 77 gram, massa jenis gabus $0,24 \text{ g/cm}^3$, massa jenis logam $8,8 \text{ g/cm}^3$, massa jenis aseton $0,8 \text{ g/cm}^3$. Tentukan rusuk kubus!
14. Sebongkah es (massa jenisnya $0,9 \text{ g/cm}^3$) terapung pada air laut (massa jenisnya $1,03 \text{ g/cm}^3$). Jika es yang timbul di permukaan air laut $7,8 \text{ dm}^3$. Hitunglah volume es!
15. Massa jenis es 917 kg/m^3 . Berapa bagian es terletak di permukaan air?
16. Sebatang kayu yang massa jenisnya $0,6 \text{ g/cm}^3$ terapung di dalam air. Jika bagian kayu yang ada di atas permukaan air $0,2 \text{ m}^3$, tentukan volume kayu seluruhnya!
17. Sebuah kubus dari kayu (massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$), Mula-mula dibenamkan ke dalam bejana kemudian dilepas sehingga naik ke permukaan gliserin (massa jenisnya $1,25 \text{ g/cm}^3$) dan ternyata 200 cm^3 dari kayu tersebut berada di permukaan gliserin. Tentukan :
 - a. gaya ke atas kayu pada saat masih berada seluruhnya dalam gliserin
 - b. gaya naik
 - c. gaya ke atas setelah benda setimbang
 - d. Rusuk kubus!
18. Sebuah balon udara volumenya 400 m^3 , mengalami gaya naik 2200 N. Tentukan gaya ke atas dan berat total balon ($g = 10 \text{ m/det}^2$).
19. Sebuah balon udara bervolume 20 m^3 . Berisi H_2 (massa jenis $0,09 \text{ gr/dm}^3$) berat perlengkapannya 100 N. Tentukan berat beban yang dapat diangkat!
20. Sebuah balon udara mengalami gaya naik 2450 N. Berat total balon 4050 N. Tentukan gaya ke atas dan diameter balon udara tersebut.

7. Hukum Stokes

Gaya gesekan antara permukaan benda padat dengan fluida di mana benda itu bergerak akan sebanding dengan kecepatan relatif gerak benda ini terhadap fluida.

Pada dasarnya hambatan gerakan benda di dalam fluida itu disebabkan oleh gaya gesekan antara bagian fluida yang melekat ke permukaan benda dengan bagian fluida di sebelahnya di mana gaya gesekan itu sebanding dengan koefisien viskositas (η) fluida. Menurut Stokes, gaya gesekan itu diberikan oleh apa yang disebut rumus Stokes:

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

Dimana r adalah jari-jari benda, v adalah kecepatan jatuh dalam fluida.

Percobaan Kelereng Jatuh

Pada dasarnya penentuan η dengan menggunakan rumus Stokes sangatlah sederhana. Hanya saja untuk itu secara teknis diperlukan kelereng dari bahan yang amat ringan, misalnya dari aluminium, serta berukuran kecil, misalnya dengan jari-jari sekitar 1 cm saja.

Sewaktu kelereng dijatuhkan ke dalam bejana kaca yang berisi cairan yang hendak ditentukan koefisien viskositasnya, oleh gaya beratnya, kelereng akan semakin cepat jatuhnya. Tetapi sesuai dengan rumus Stokes, makin cepat gerakannya, makin besar gaya gesekannya sehingga akhirnya gaya berat itu tepat seimbang dengan gaya gesekan dan jatuhnya kelerengpun dengan kecepatan tetap sebesar v sehingga berlaku persamaan:

$$w = F_s$$

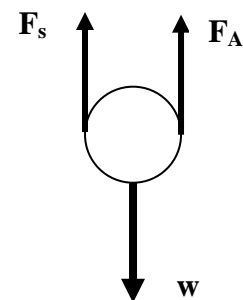
$$m \cdot g = 6 \pi r \eta v$$

Akan tetapi sebenarnya pada kelereng juga bekerja gaya ke atas Archimedes sebesar berat cairan yang dipindahkan, yaitu sebesar:

$$F_A = \rho_c g V = \rho_c g \frac{4}{3} \pi r^3$$

dengan V adalah volum kelereng dan ρ_c adalah massa jenis cairan.

Dengan menuliskan:



$$m = \rho_b V = \rho_b \cdot \frac{4}{3} \pi r^3$$

dengan ρ_b adalah massa jenis bahan pembuat kelereng, persamaan tersebut dapat ditulis menjadi:

$$w = F_s + F_A$$

$$w - F_A = F_s$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_b \cdot g - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_c g = 6 \pi r \eta v$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_b - \rho_c) = 6 \pi r \eta v$$

$$\frac{2}{3} r^2 g (\rho_b - \rho_c) = 3 \eta v$$

$\eta = \frac{2}{9} r^2 g \left(\frac{\rho_b - \rho_c}{v} \right)$, disebut persamaan viskositas fluida. Sedangkan persamaan

kecepatannya adalah sebagai berikut.

$v = \frac{2}{9} r^2 g \left(\frac{\rho_b - \rho_c}{\eta} \right)$, dimana rumus ini disebut kecepatan terminal atau kecepatan jatuh.

Jadi dengan mengukur jari-jari kelereng r , kecepatan jatuh v sewaktu kecepatan itu tetap, dan diketahuinya ρ_b , ρ_c dan g , dapatlah dihitung koefisien viskositas cairan η di dalam bejana itu, atau sebaliknya dapat dihitung kecepatan jatuhnya

B. Fluida Dinamik

Tiga hal yang mendasar untuk menyederhanakan pembahasan fluida dinamik yaitu :

1. Fluida dianggap tidak kompresibel
2. Dianggap bergerak tanpa gesekan walaupun ada gerakan materi (tidak mempunyai kekentalan)
3. Aliran fluida adalah aliran stasioner, yaitu kecepatan dan arah gerak partikel fluida yang melalui suatu titik tertentu tetap. Jadi partikel yang datang kemudian di satu titik akan mengikuti jejak partikel-partikel lain yang lewat terdahulu.

1. Debit

Fluida mengalir dengan kecepatan tertentu, misalnya v meter per detik. Penampang tabung alir berpenampang A , maka yang dimaksud dengan debit fluida adalah volume fluida yang mengalir persatuan waktu melalui suatu pipa dengan luas penampang A dan dengan kecepatan v .

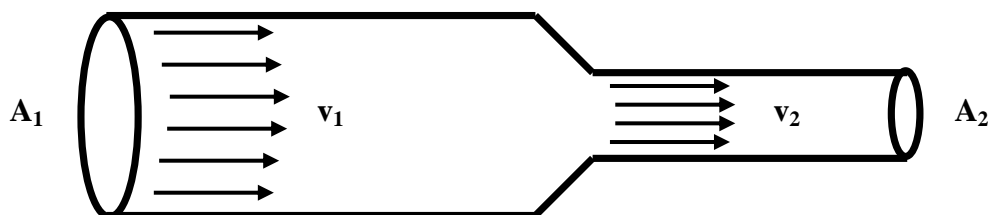
$$Q = \frac{V}{t}$$

Karena $V = A \cdot s$ maka persamaan debit menjadi : $Q = \frac{A \cdot s}{t}$ dan $v = \frac{s}{t}$

$$\text{maka } Q = A \cdot v$$

2. Persamaan Kontinuitas

Perhatikan fluida yang mengalir dalam sebuah pipa yang mempunyai ukuran penampang berbeda.



Gambar: Aliran fluida dalam pipa

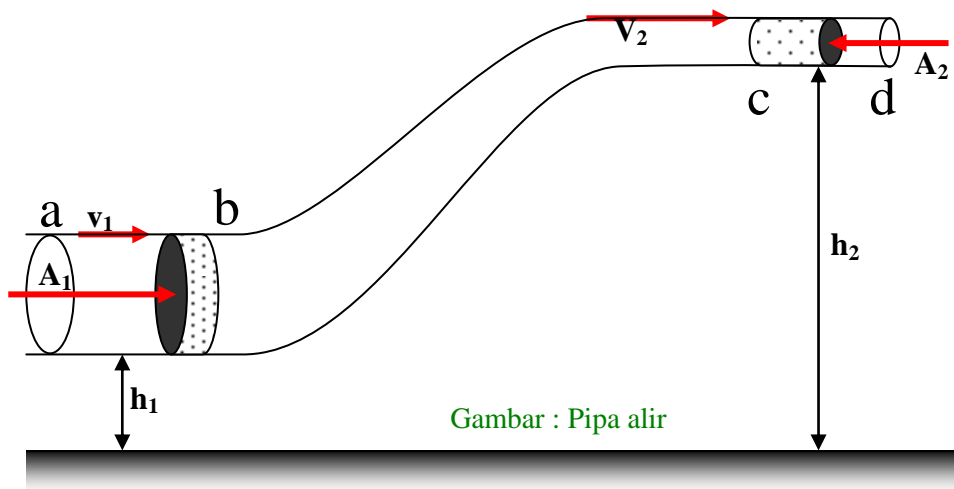
Pipa terletak mendatar dengan ukuran simetris. Partikel fluida yang semula di A_1 setelah Δt berada di A_2 . Karena Δt kecil dan alirannya stasioner maka banyaknya fluida yang mengalir di tiap tempat dalam waktu yang sama harus sama pula.

Banyaknya fluida yang mengalir di A_1 sama dengan banyaknya fluida yang mengalir di A_2 karena mengikuti kekekalan massa.

$$\begin{aligned} \text{massa di } A_1 &= \text{massa di } A_2 \\ \rho \cdot A_1 v_1 \Delta t &= \rho \cdot A_2 v_2 \Delta t \\ A_1 v_1 &= A_2 v_2 \end{aligned}$$

Bagaimana dengan pipa yang memiliki penampang berbeda dan terletak pada ketinggian yang berbeda. Perhatikan tabung alir a-c di bawah ini. A_1 adalah penampang lintang tabung alir di a.

A_2 = penampang lintang di c. v_1 = kecepatan alir fluida di a, v_2 = kecepatan alir fluida di c.



Partikel – partikel yang semula di a, dalam waktu Δt detik berpindah di b, demikian pula partikel

yang semula di c berpindah di d. Apabila Δt sangat kecil, maka jarak a-b sangat kecil, sehingga luas penampang di a dan b boleh dianggap sama, yaitu A_1 . Demikian pula jarak c-d sangat kecil,

sehingga luas penampang di c dan di d dapat dianggap sama, yaitu A_2 . Banyaknya fluida yang masuk ke tabung alir dalam waktu Δt detik adalah :

$\rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$ dan dalam waktu yang sama sejumlah fluida meninggalkan tabung alir sebanyak $\rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$. Jumlah ini tentulah sama dengan jumlah fluida yang masuk ke tabung alir sehingga :

$$\rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t = \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$$

Jadi :

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Persamaan tersebut dinamakan persamaan Kontinuitas

$A \cdot v$ yang merupakan debit fluida sepanjang tabung alir selalu konstan (tetap sama nilainya), walaupun A dan v masing-masing berbeda di tempat yang satu ke tempat yang lain. Maka disimpulkan :

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = \text{konstan}$$

Bila $A_1 v_1 \cdot \Delta t \cdot \rho = m$ maka selama waktu Δt massa sebanyak m ini dianggap telah berpindah dari A_1 ke A_2 . Kecepatannya berubah dari v_1 menjadi v_2 . Bila ketinggiannya juga berubah dari h_1 menjadi h_2 . Oleh karena itu elemen massa m telah mengalami tambahan energi sebesar :

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta E_k + \Delta E_p \\ &= \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) + mg (h_2 - h_1) \\ &= \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 + mgh_2 - mgh_1 \end{aligned}$$

Pahami ini sebagai akibat adanya gaya dorong di A_1 dari zat cair yang ada di sebelah kiri dengan arah ke kanan. Walaupun ada juga gaya penghambat dari sebelah kanan A_2 .

Kerja total dari gaya-gaya ini adalah :

$$W = F_1 s_1 - F_2 s_2$$

$$W = p_1 A_1 v_1 \Delta t - p_2 A_2 v_2 \Delta t$$

atau
$$W = \frac{p_1}{\rho} \rho A_1 v_1 \Delta t - \frac{p_2}{\rho} \rho A_2 v_2 \Delta t$$

$$W = \frac{p_1}{\rho} m - \frac{p_2}{\rho} m$$

$$W = \frac{m}{\rho} (p_1 - p_2)$$

2. Hukum Bernoulli

Hukum Bernoulli merupakan persamaan pokok fluida dinamik dengan arus streamline. Di sini berlaku hubungan antara tekanan, kecepatan alir dan tinggi tempat dalam satu garis lurus. Hubungan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

Perhatikan gambar tabung alir a-c pada gambar pipa alir. Jika tekanan p_1 ke kanan pada penampang A_1 , dari fluida di sebelah kirinya, maka gaya yang dilakukan terhadap penampang di a adalah $p_1 A_1$, sedangkan penampang di c mendapat gaya dari fluida dikanannya sebesar $p_2 A_2$, di mana p_2 adalah tekanan terhadap penampang di c ke kiri. Dalam waktu Δt detik dapat dianggap bahwa fluida di penampang a tergeser sejauh $v_1 \Delta t$ dan fluida di penampang c tergeser sejauh $v_2 \Delta t$ ke kanan.

Jadi usaha yang dilakukan terhadap a adalah : $p_1 A_1 v_1 \Delta t$ sedangkan usaha yang dilakukan pada c sebesar : $- p_2 A_2 v_2 \Delta t$

Jadi usaha total yang dilakukan gaya-gaya tersebut besarnya :

$$\begin{aligned} W_{\text{tot}} &= (p_1 A_1 v_1 - p_2 A_2 v_2) \Delta t \\ W &= p_1 A_1 v_1 \Delta t - p_2 A_2 v_2 \Delta t \\ W &= \frac{p_1}{\rho} \rho A_1 v_1 \Delta t - \frac{p_2}{\rho} \rho A_2 v_2 \Delta t \\ W &= \frac{p_1}{\rho} m - \frac{p_2}{\rho} m \end{aligned}$$

Dalam waktu Δt detik fluida dalam tabung alir a-b bergeser ke c-d dan mendapat tambahan energi sebesar :

$$\begin{aligned} E_m &= \Delta E_k + \Delta E_p \\ E_m &= (\frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2) + (mgh_2 - mgh_1) \\ &= \frac{1}{2} m (v_2^2 - v_1^2) + mg (h_2 - h_1) \end{aligned}$$

Dari kekekalan energi yaitu perubahan energi mekanik adalah sama dengan usaha.

$$\begin{aligned} E_m &= W \\ \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2 + mgh_2 - mgh_1 &= \frac{p_1}{\rho} m - \frac{p_2}{\rho} m \end{aligned}$$

(suku-suku persamaan ini memperlihatkan dimensi usaha)

Apabila setiap ruas dibagi dengan m kemudian dikalikan dengan ρ akan diperoleh persamaan:

$$\frac{1}{2} v_2^2 - \frac{1}{2} v_1^2 + g h_2 - g h_1 = \frac{p_1}{\rho} - \frac{p_2}{\rho}$$

$$\frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 = \frac{p_1}{\rho} + \frac{1}{2} v_1^2 + g h_1$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

(suku-suku persamaan di atas memperlihatkan dimensi tekanan)

$$\text{atau } p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{Konstan}$$

Persamaan tersebut dikenal sebagai hukum Bernoulli.

Contoh penggunaan Hukum Bernoulli :

- a) Semprotan
- b) Sayap pesawat terbang
- c) Venturi meter = alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan aliran zat cair.
- d) Pipa pitot
- e) Tower air

3. Viskositas (Kekentalan)

Viskositas / kekentalan dapat dibayangkan sebagai gesekan antara satu bagian dengan bagian yang lain dalam fluida.

$$F = \eta A \frac{V}{L}$$

F = gaya gesek antara dua lapisan zat cair yang mengalir

η = angka kekentalan = viskositas

A = luas permukaan

$\frac{V}{L}$ = kecepatan mengalir sepanjang L

$$\eta = \frac{FL}{Av}$$

$$\text{Satuan dalam sistem cgs} = \frac{\text{dyne cm}}{\text{cm}^2 \text{ cm} / \text{det}} = \frac{\text{dyne det}}{\text{cm}^2} = \text{poise}$$

Dalam sistem MKS $= \frac{\text{Newton det ik}}{\text{m}^2}$

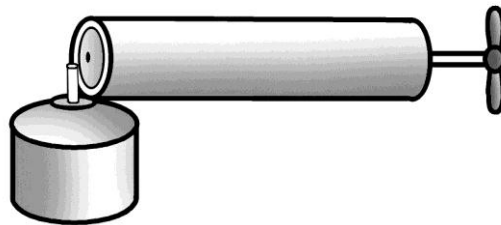
- Satuan viskositas dinamis = poise : η
- Satuan viskositas kinetis = stokes : ν

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

- Satuan dalam teknik = SAE (Society of Automotic Engineers)

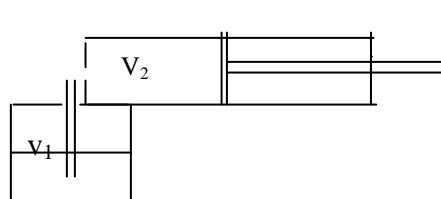
4. Semprotan

Persamaan Bernoulli diterapkan pada prinsip semprotan obat pembasmi nyamuk yang cair.



Gambar: Semprotan obat nyamuk

Perhatikan skema semprotan berikut ini.



Obat nyamuk cair mula-mula diam sehingga $v_1 = 0$, sedangkan udara bergerak dengan kecepatan v_2 karena didorong oleh pengisap. Tekanan p_1 sama dengan p_2 yaitu tekanan udara luar. Sehingga persamaan bernoulli menjadi:

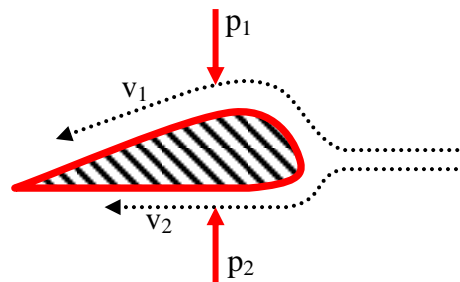
$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ 0 + \rho g h_1 &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ g h_1 &= \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g(h_1 - h_2) &= \frac{1}{2} v_2^2 \\ g h &= \frac{1}{2} v_2^2 \end{aligned}$$

Cairan obat nyamuk naik setinggi h dan akan tersemprot oleh pengaruh kecepatan v_2 .

5. Gaya Angkat Sayap Pesawat Terbang

Pembahasan gaya angkat pada sayap pesawat terbang dengan menggunakan persamaan Bernoulli dianggap bentuk sayap pesawat terbang sedemikian rupa sehingga garis arus aliran udara yang melalui sayap adalah tetap (streamline)



Penampang sayap pesawat terbang mempunyai bagian belakang yang lebih tajam dan sisi bagian yang atas lebih melengkung daripada sisi bagian bawahnya. Bentuk ini menyebabkan kecepatan aliran udara di bagian atas lebih besar daripada di bagian bawah ($v_2 > v_1$).

Dari persamaan Bernoulli kita dapatkan :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 + \rho g h_2$$

Ketinggian kedua sayap dapat dianggap sama ($h_1 = h_2$), sehingga $\rho g h_1 = \rho g h_2$.

Dan persamaan di atas dapat ditulis :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa $v_2 > v_1$ kita dapatkan $p_1 > p_2$ untuk luas penampang sayap $F_1 = p_1 A$ dan $F_2 = p_2 A$ dan kita dapatkan bahwa $F_1 > F_2$. Beda gaya pada

bagian bawah dan bagian atas ($F_1 - F_2$) menghasilkan gaya angkat pada pesawat terbang. Jadi, gaya angkat pesawat terbang dirumuskan sebagai :

$$F_1 - F_2 = \frac{1}{2} \rho A(v_2^2 - v_1^2)$$

Dengan ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

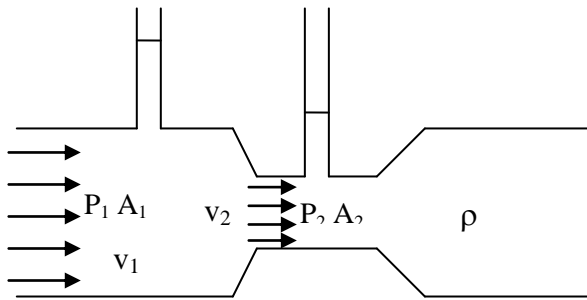
6. Venturimeter

Venturimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kecepatan aliran zat cair. Dengan memasukkan venturimeter ke dalam aliran fluida kecepatan aliran fluida dapat dihitung menggunakan persamaan Bernoulli berdasarkan selisih ketinggian air atau selisih ketinggian raksa.

Venturimeter dibagi dua macam yaitu venturimeter tanpa manometer dan venturimeter dengan manometer.

a. Venturimeter

Tanpa Manometer



Air dengan massa jenis ρ mengalir memasuki pipa berpenampang besar dengan kecepatan v_1 menuju pipa

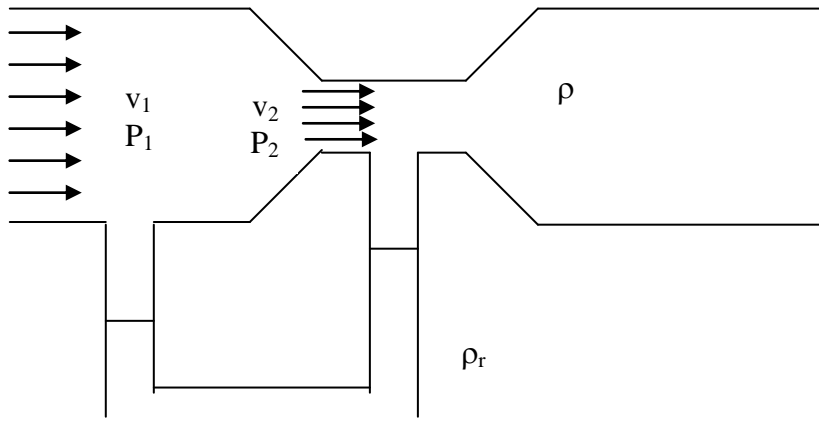
berpenampang kecil dengan kecepatan v_2 dimana $v_2 > v_1$. Terjadi perbedaan ketinggian air (h) pada kedua pipa vertikal. Dalam hal ini berlaku $h_1 = h_2$ sehingga $\rho g h_1 = \rho g h_2$.

Berlaku persamaan Bernoulli sebagai berikut.

$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \\ p_1 - p_2 &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \\ \Delta p &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\ \rho g h &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\ g h &= \frac{1}{2} (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas $A_1.v_1 = A_2.v_2$ untuk mendapatkan hubungan antara v_2 dan v_1 , maka v_1 dapat dihitung.

b. Venturimeter dengan Manometer



Air dengan massa jenis ρ mengalir memasuki pipa berpenampang besar dengan kecepatan v_1 menuju pipa berpenampang kecil dengan kecepatan v_2 dimana $v_2 > v_1$. Terjadi perbedaan ketinggian (h) raksa dengan massa jenis ρ_r pada kedua pipa manometer. Dalam hal ini berlaku $h_1 = h_2$ sehingga $\rho g h_1 = \rho g h_2$. Berlaku persamaan Bernoulli sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\
 p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \\
 p_1 - p_2 &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \\
 \Delta P &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \\
 (\rho_r - \rho) g h &= \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan kontinuitas $A_1.v_1 = A_2.v_2$ untuk mendapatkan hubungan antara v_2 dan v_1 , maka v_1 dapat dihitung.

7. Pipa pitot

Pipa pitot dipakai untuk mengukur kecepatan aliran fluida dalam pipa. Biasanya pipa ini dipakai untuk mengukur laju fluida berbentuk gas. Pipa pitot dilengkapi dengan manometer yang salah satu kakinya diletakkan sedemikian sehingga tegak lurus aliran fluida sehingga $v_2 = 0$. Terjadi

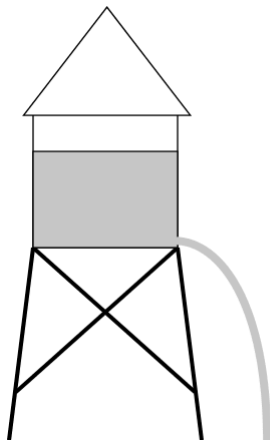
perbedaan ketinggian (h) raksa dengan massa jenis ρ_r pada kedua pipa manometer. Dalam hal ini berlaku $h_1 = h_2$ sehingga $\rho g h_1 = \rho g h_2$. Persamaan Bernoulli diterapkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= p_2 \\ p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= p_1 + \rho_r g h \\ \frac{1}{2} \rho v_1^2 &= \rho_r g h \end{aligned}$$

Kecepatan aliran fluida sebagai berikut.

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho_r g h}{\rho}}$$

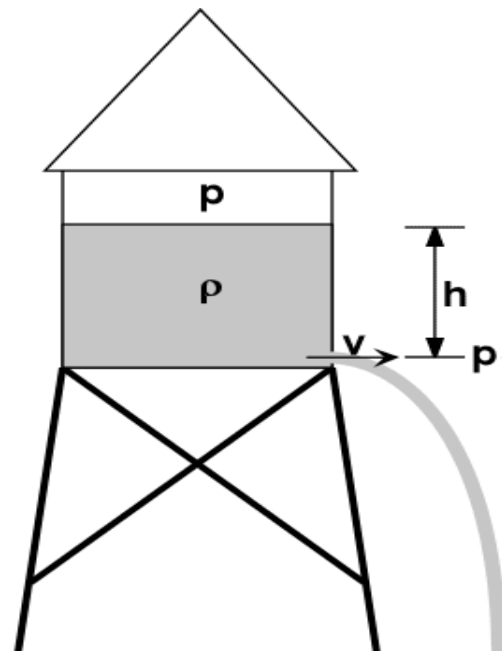
7. Tower Air



Sebuah bak penampungan air sebagai tower dengan kran air yang dapat memancarkan air melalui sebuah lubang baik di dasar maupun di ketinggian tertentu dapat di selesaikan kecepatan pancaran air dari lubang (v_2)

Kecepatan air di permukaan (v_1) sama dengan nol karena diam tidak mengalir. $p_1 = p_2 =$ tekanan udara luar. Selisih ketinggian air di permukaan (h_1) dengan air di dasar (h_2) = h . Persamaan Bernoulli sebagai berikut.

$$\begin{aligned} p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ 0 + \rho g h_1 &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \\ g h_1 &= \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 g h_1 - g h_2 &= \frac{1}{2} v_2^2 \\
 \frac{1}{2} v_2^2 &= g (h_1 - h_2) \\
 \frac{1}{2} v_2^2 &= g h \\
 v_2 &= \sqrt{2gh}
 \end{aligned}$$

Persamaan ini tidak lain adalah rumus gerak jatuh bebas. Sedangkan jarak jatuhnya fluida diukur dari titik proyeksi lubang air dihitung menggunakan persamaan gerak lurus beraturan.

$$X = v_2 \cdot t \quad \text{sedangkan waktu jatuh fluida} \quad h = \frac{1}{2} g t^2$$

Contoh:

1. Sebuah tangki terbuka berisi air setinggi H. Pada jarak h dari permukaan air dibuat suatu lubang kecil, sehingga air memancar dari lubang itu. Berapa jauh air yang keluar dari tangki mengenai tanah ?

Penyelesaian:

Persamaan Bernoulli:

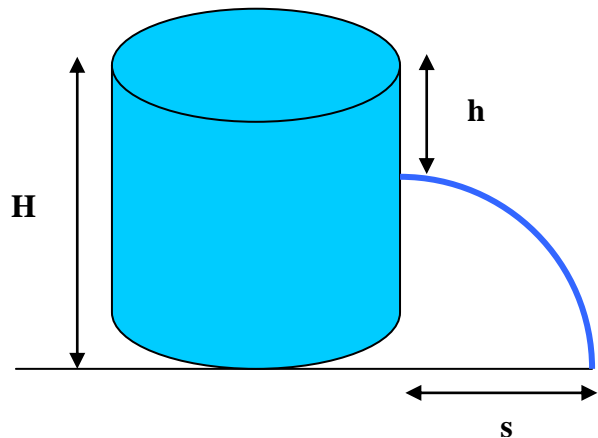
$$\begin{aligned}
 p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g H &= p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (H - h) \\
 \rho g H &= \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (H - h) \\
 \frac{1}{2} \rho v_2^2 &= \rho g H - \rho g (H - h) \\
 \frac{1}{2} v_2^2 &= g H - g (H - h) \\
 \frac{1}{2} v_2^2 &= g (H - H + h) \\
 v_2 &= \sqrt{2 g h}
 \end{aligned}$$

Gerak jatuh bebas:

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{1}{2} g t^2 \\
 t &= \sqrt{\frac{2 (H - h)}{g}}
 \end{aligned}$$

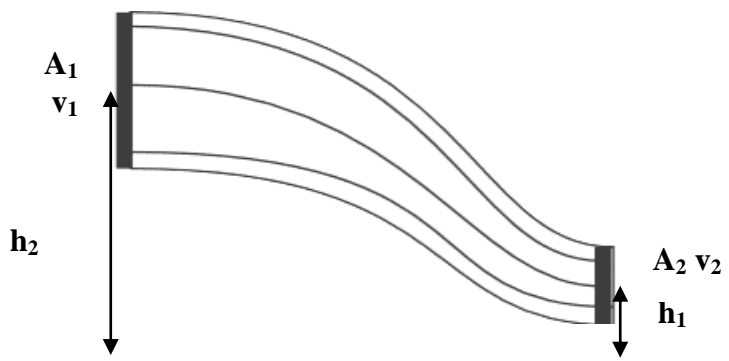
Gerak beraturan arahmendatar:

$$\begin{aligned}
 s &= v t \\
 &= \sqrt{2 g h} \sqrt{\frac{2 (H - h)}{g}} \\
 s &= \sqrt{4 h (H - h)}
 \end{aligned}$$



2. Air mengalir melalui sebuah pipa yang berbentuk corong. Garis tengah lubang corong dimana air itu masuk 30 cm. Dan garis tengah lubang corong dimana air itu keluar 15 cm. Letak pusat lubang pipa yang kecil lebih rendah 60 cm daripada pusat lubang yang besar. Jika cepat aliran air dalam pipa itu 140 liter/det, sedangkan tekanannya pada lubang yang besar 77,5 cm Hg. Berapakah tekanannya pada lubang yang kecil ?

Penyelesaian:



$$r_1 = 15 \text{ cm}$$

$$r_2 = 7,5 \text{ cm}$$

$$(h_1 - h_2) = 60 \text{ cm}$$

$$p_1 = 77,5 \text{ cm Hg}, \quad P_2 = \dots?$$

$$Q_2 = 140 \text{ lt/det}$$

Jawab:

$$Q_2 = A_2 v_2$$

$$140 = \pi (7,5)^2 v_2$$

$$v_2 = \frac{140000}{\pi (7,5)^2} = 793 \text{ cm/det}$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\pi (15)^2 v_1 = \pi (7,5)^2 793$$

$$v_1 = 198 \text{ cm/det}$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 - \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \rho g h_2$$

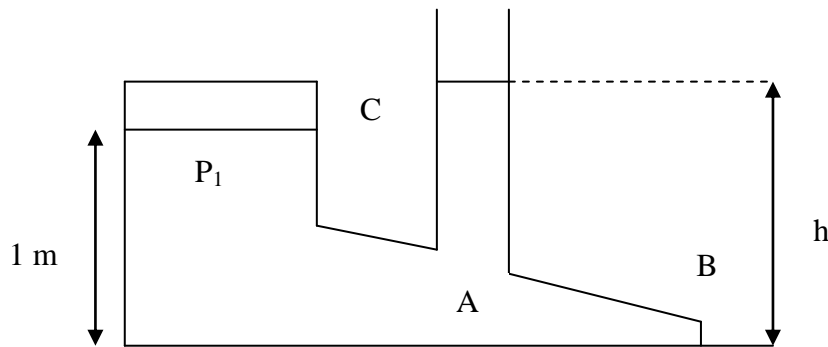
$$p_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) + \rho g (h_1 - h_2)$$

$$= 77,5 + \frac{1}{2} (198^2 - 793^2) + 980 (60)$$

$$p_2 = 59,9 \text{ cm Hg}$$

3. Dalam tangki tertutup terdapat air setinggi 1 m. Udara di atas air mempunyai tekanan lebih besar 8000 Newton/m^2 daripada tekanan udara luar. Pipa di A mempunyai luas 20 cm^2 . Dan di B 20 cm^2 .

- Berapa flux (liter/det) air keluar di B ?
- Berapa tinggi air dalam pipa terbuka ?



Penyelesaian:

a.

$$p_1 = 8000 \text{ N/m}^2 + \text{Bar}$$

$$H = 1 \text{ m}$$

$$A_A = 20 \text{ cm}^2 = 0,002 \text{ m}^2$$

$$A_B = 10 \text{ cm}^2 = 0,001 \text{ m}^2$$

$$v_A = 0$$

Aliran dari C ke B:

$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g h = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g h_B$$

$$(8000 + \text{Bar}) + \frac{1}{2} 1000 \cdot 0 + 1000 \cdot 0 \cdot 1 = \text{Bar} + \frac{1}{2} 1000 v_B^2 + 1000 \cdot 10 \cdot 0$$

$$8000 + \text{Bar} + 10000 = \text{Bar} + 500 v_B^2$$

$$18000 = 500 v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{36}$$

$$v_B = 6 \text{ m/det}$$

$$Q_B = A_B v_B$$

$$Q_B = 0,001 \cdot 6 = 0,006 \text{ lt/s.}$$

b.

Aliran dari A ke B:

$$A_A v_A = A_B v_B$$

$$0,002 v_A = 0,001 \cdot 6$$

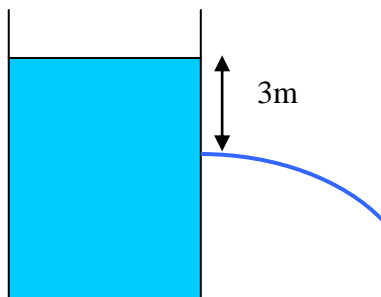
$$v_A = 3 \text{ m/det}$$

$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho_A g h_A = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g h_B$$

$$\text{Bar} + \frac{1}{2} 1000 \cdot 3^2 + 1000 \cdot 10 h_A = \text{Bar} + \frac{1}{2} 1000 \cdot 6^2 + 1000 \cdot 10 \cdot 0$$

$$h_A = 1,35 \text{ m}$$

4. Air menyembrot keluar dari sebuah lubang pada dinding sisi sebuah tangki. Lubang tersebut berbentuk lingkaran yang bergaris tengah 2 cm dan berada 3 m di bawah permukaan air. Jika luas penampang lubang itu $0,6 \pi$, berapa liter air akan mengalir tiap menit ?



Penyelesaian:

$$D = 2 \text{ cm}$$

$$h = 300 \text{ cm}$$

$$\eta = 0,6 \pi \text{ cm}^2$$

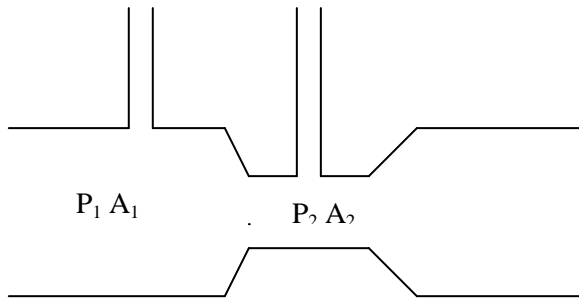
$$v = \sqrt{2 g h}$$

$$= \sqrt{2 \cdot 980 \cdot 300} = 76,68 \text{ cm/det}$$

$$Q = 76,68 \cdot 0,6 \pi$$

$$= 46,73 \cdot 10^{-3} \pi \text{ lt/det} = 276 \pi \cdot 10^{-3} \text{ lt/mnt}$$

5. Sebuah venturimeter, tabung yang besar mempunyai penampang lintang 10 dm^3 . Dan tabung yang kecil berpenampang lintang 5 dm^3 . Selisih tekanan kedua tabung itu 38 cmHg . Berapakah cepat aliran zat cair yang diukur ?



Penyelesaian:

$$A_1 = 10 \text{ dm}^2$$

$$A_2 = 5 \text{ dm}^2$$

$$p_1 - p_2 = 39 \text{ cm Hg}$$

$$v_1 = \dots ?$$

Persamaan Bernoulli:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$h_1 = h_2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$

Persamaan kontinuitas:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$$

Substitusi:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} v_1^2 - v_1^2 \right)$$

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)$$

$$38 = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot v_1^2 \left(\frac{1000^2}{500^2} - 1 \right)$$

$$76 = v_1^2 \cdot 3$$

$$v_1 = \sqrt{25,3} = 5,3$$

$$v_1 = 5 \text{ cm/det}$$

Rangkuman

1. Tekanan adalah gaya tiap satuan luas penampang, dirumuskan $p = \frac{F}{A}$
2. Tekanan hidrostatis yaitu tekanan pada kedalaman tertentu zat cair yang tidak mengalir, besarnya adalah $p_h = \rho \cdot g \cdot h$
3. Hukum Pascal berbunyi tekanan yang diderita oleh zat cair akan diteruskan oleh zat cair itu ke segala arah dengan sama besarnya $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
4. Gaya Hidrostatika. dirumuskan :

$$F_h = p_h \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A = \rho \cdot g \cdot V$$
5. Hukum bejana berhubungan menyatakan bahwa tinggi permukaan zat cair sama rata kecuali terdapat pipa kapiler atau diisi dengan zat cair yang berbeda jenisnya
6. Pipa U dapat digunakan untuk menghitung massa jenis suatu zat cair
7. Alat-alat yang bekerja berdasarkan hukum Pascal misalnya, dongkrak hidrolik, alat pengangkat mobil, alat pengepres biji-bijian dan sebagainya
8. Hukum Archimedes menyatakan bahwa suatu benda yang dicelupkan ke dalam zat cair akan mendesak zat cair seberat benda yang dicelupkan
9. Gaya keatas yang dialami benda tersebut besarnya $F_A = \rho_c \cdot V_b \cdot g$
10. Gaya tekan keatas sebesar selisih berat benda di udara dengan berat benda di dalam zat cair itu : $F_A = w_u - w_c$
11. Gaya gesekan fluida dikenal sebagai rumus Stokes: $F_s = 6 \pi r \eta v$
12. Persamaan viskositas fluida $\eta = \frac{2}{9} r^2 g \left(\frac{\rho_b - \rho_c}{v} \right)$.

13. Persamaan kecepatan terminal adalah sebagai berikut: $v = \frac{2}{9} r^2 g \left(\frac{\rho_b - \rho_c}{\eta} \right)$.

14. Persamaan kontinuitas adalah $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

15. Hukum Bernoulli adalah sebagai berikut:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$\text{atau } p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{Konstan}$$

Soal-soal Ulangan 8

Soal- soal Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang benar!

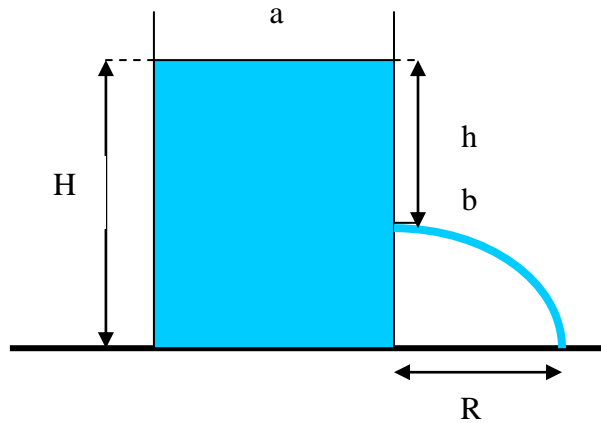
1. Sebatang jarum yang panjangnya 10 cm diletakkan pelan- pelan di atas permukaan bensin. Jarum terapung dalam bensin dan tepat akan tenggelam. Massa jenis jarum $\rho = 3,92 \text{ gr/cm}^3$, tegangan muka bensin pada suhu tersebut $\gamma = 0,0314 \text{ N/m}$. Ambil $\pi = 3,14$ dan $g = 10 \text{ m/det}^2$, maka radius jarum adalah....
 - a. 3/7 mm
 - b. 4/7 mm
 - c. 5/7 mm
 - d. 6/7 mm
 - e. 1 mm

2. Sebuah pipa kapiler berdiameter 2/3 mm dimasukkan tegak lurus ke dalam bejana yang berisi air raksa (massa jenis = $13,62 \text{ gr/cm}^3$). Sudut kontak antara air raksa dengan pipa adalah 143° ($\sin 37 = 0,6$). Bila tegangan muka zat cair adalah $0,48 \text{ N/m}$, maka turunnya air raksa dalam pipa kapiler dihitung dari permukaan zat cair dalam bejana ($g = 10 \text{ m/det}^2$) adalah....
 - a. 1,20 cm
 - b. 1,27 cm
 - c. 2,00 cm
 - d. 2,27 cm

- e. 3,00 cm
3. Sebuah pipa silindris yang lurus mempunyai dua macam penampang, masing-masing dengan luas 200 mm^2 dan 100 mm^2 . pipa tersebut diletakkan secara horisontal, sedangkan air di dalamnya mengalir dari penampang besar ke penampang kecil. Apabila kecepatan arus di penampang besar adalah 2 m/det, maka kecepatan arus di penampang kecil adalah....
- a. $\frac{1}{4}$ m/det
 - b. $\frac{1}{2}$ m/det
 - c. 1 m/det
 - d. 2 m/det
 - e. 4 m/det
4. Sebuah pipa silindris yang lurus mempunyai dua macam penampang, dengan diameter penampang kecil adalah setengah dari diameter penampang besar. Pipa tersebut diletakkan secara horisontal, sedangkan air mengalir dari penampang besar ke penampang kecil dengan tekanan $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dan laju 3 m/det. Maka laju air dalam penampang kecil adalah....
- a. 24 m/det
 - b. 12 m/det
 - c. 6 m/det
 - d. 1,5 m/det
 - e. 0,75 m/det
5. Analog dengan soal nomor 4, maka tekanan air dalam penampang kecil adalah....
- a. $1,325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - b. $1,500 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - c. $2,675 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - d. $2,750 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - e. $3,000 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

6. Dalam sebuah tangki air terdapat sebuah lubang pada jarak h di bawah permukaan air dalam tangki, seperti ditunjukkan oleh gambar berikut. Kecepatan air memancar keluar dari titik b adalah....

- a. $\sqrt{g h}$
- b. $\sqrt{\frac{h}{g}}$
- c. $\sqrt{2 g h}$
- d. $\sqrt{2 \frac{h}{g}}$
- e. $\sqrt{2 \frac{g}{h}}$



7. Analog dengan soal nomor 6, maka jarak R sama dengan....

- a. $2 \sqrt{H (H - h)}$
- b. $2 \sqrt{h (H - h)}$
- c. $\sqrt{2H (H - h)}$
- d. $\sqrt{2h (H - h)}$
- e. $\sqrt{2g (H - h)}$

8. Analog dengan soal nomor 6, maka jarak R mencapai maksimum bila....

- a. $h = \frac{1}{4} H$
- b. $h = \frac{3}{8} H$
- c. $h = \frac{1}{2} H$
- d. $h = \frac{3}{4} H$
- e. $h = H$

9. Sebuah tangki air terbuka memiliki kedalaman 0,8 m. Sebuah lubang dengan luas penampang 5 cm^2 dibuat di dasar tangki. Berapa massa air per menit yang mula-mula akan keluar dari lubang itu?
- 20 liter
 - 40 liter
 - 60 liter
 - 80 liter
 - 120 liter
10. Sebuah tangki berisi air diletakkan di tanah. Tinggi permukaan air 1,25 m dari tanah. Pada ketinggian 0,8 m dari tanah terdapat lubang kebocoran, sehingga air mengalir dari lubang tersebut dengan kecepatan.... ($g = 10 \text{ m detik}^{-2}$)
- $0,45 \text{ m detik}^{-1}$
 - 3 m detik^{-1}
 - 8 m detik^{-1}
 - 9 m detik^{-1}
 - $12,5 \text{ m detik}^{-1}$
11. Sebuah pipa silindris yang lurus mempunyai dua macam penampang. Pipa tersebut diletakkan secara horisontal, sedangkan air di dalamnya mengalir dari arah penampang besar yang diameternya 10 cm dengan tekanan $1,4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ dan laju 1 m/detik. Supaya tekanan dalam penampang kecil sama dengan tekanan udara ($1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$), maka diameter penampang kecil adalah....
- 1 cm
 - 2 cm
 - 4 cm
 - 6 cm
 - 9 cm

12. Sebuah pipa penyemprot air mempunyai dua macam penampang. Pipa penyemprot tersebut diletakkan secara horisontal, sedangkan air di dalamnya mengalir dari arah penampang besar dengan tekanan 2 atm dan laju 10 m/detik. Penampang kecil dihubungkan dengan tabung vakum bertekanan $1/15$ atm ($1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$). Maka perbandingan luas penampang besar dan penampang kecil adalah....
- $\sqrt{2}$
 - $\sqrt{3}$
 - $\sqrt{5}$
 - 2
 - 5
13. Sebuah bola dari logam dijatuhkan ke dalam suatu zat cair kental. Sesuai dengan hukum Stokes maka bola akan mendapat gaya gesek ke atas yang besarnya dirumuskan sebagai $F = 6 \pi \eta r v$. Maka dimensi koefisien kekentalan η adalah....
- $\text{ML}^{-1} \text{T}^2$
 - $\text{ML}^{-1} \text{T}$
 - $\text{ML}^{-1} \text{T}^{-1}$
 - $\text{ML}^2 \text{T}^{-1}$
 - $\text{ML}^2 \text{T}^{-2}$
14. Sebuah pipa kapiler dimasukkan tegak lurus dalam alkohol (massa jenis = $0,8 \text{ g/cm}^3$). Bila tegangan permukaan alkohol = 22 dyne/cm , berapa naiknya permukaan alkohol di dalam pipa? Diameter pipa = 1 mm ; $g = 980 \text{ cm/det}^2$
- 11 mm
 - 11,1 mm
 - 11,2 mm
 - 11,3 mm
 - 11,4 mm

15. Sebuah pipa kapiler dimasukkan tegak lurus dalam air. Diameter pipa = 0,5 mm. Bila permukaan air naik 6 cm di dalam pipa, berapakah tegangan permukaan air? $g = 980 \text{ cm/det}^2$
- 75,3 dyne/cm
 - 73,5 dyne/cm
 - 72,5 dyne/cm
 - 72 dyne/cm
 - 71 dyne/cm
16. Berapa mm selisih ketinggian yang terdapat pada sebuah barometer air raksa karena pengaruh kapiler bila diameter pipa = 4 mm? Tegangan permukaan air raksa = 465 dyne/cm. Sudut pertemuan antara gelas dan air raksa = 53° . Massa jenis air raksa = $13,6 \text{ g/cm}^3$. $g = 980 \text{ cm/det}^2$. $\pi = 3,14$
- 2 mm lebih tinggi
 - 2 mm lebih rendah
 - 2,1 mm lebih tinggi
 - 2,1 mm lebih rendah
 - 2,2 mm lebih tinggi
17. Sebuah gelembung sabun terbentuk dengan pipa yang dihubungkan sebuah manometer air. Bila tegangan permukaan gelembung sabun = 25 dyne/cm dan garis tengah gelembung = 2 mm, berapakah selisih tinggi permukaan air di dalam manometer? $g = 980 \text{ cm/det}^2$.
- 1 mm
 - 1,01 mm
 - 1,02 mm
 - 1,03 mm
 - 1,04 mm

18. Sebuah jarum yang panjangnya 5 cm terletak pada lapisan permukaan air. Tegangan permukaan air pada suhu $20^{\circ}\text{C} = 72,8 \text{ dyne/cm}$. Supaya jarum tidak tenggelam beratnya maksimum....
- 728 dyne
 - 782 dyne
 - 827 dyne
 - 872 dyne
 - 928 dyne
19. Tegangan permukaan air pada suhu $20^{\circ}\text{C} = 72,8 \text{ dyne/cm}$. Di dalam pipa kapiler yang diameternya 1 mm, air pada suhu tersebut akan naik....
- 2 cm
 - 2,5 cm
 - 3 cm
 - 3,5 cm
 - 5,3 cm
20. Sebuah pipa barometer air raksa mempunyai diameter dalam 5 mm. Sudut kontak antara air raksa dan gelas 128° . ρ air raksa $13,6 \text{ gr/cm}^3$. Tegangan permukaan air raksa pada $20^{\circ}\text{C} = 465 \text{ dyne/cm}$. Salah pembacaan yang harus dikoreksi pada suhu tersebut....
- 1,5 mm
 - 1,6 mm
 - 1,7 mm
 - 1,8 mm
 - 1,9 mm
21. Tegangan permukaan air pada suhu $20^{\circ}\text{C} = 72,8 \text{ dyne/cm}$. Supaya air dapat naik 5 cm dalam pipa gelas pada suhu tersebut, diameter dalamnya harus....
- 0,4 mm
 - 0,5 mm
 - 0,6 mm
 - 0,7 mm
 - 0,8 mm

22. Minyak yang massa jenisnya $0,8 \text{ g/cm}^3$ dan sudut kontak dengan gelas 24° naik $1,8 \text{ cm}$ dalam pipa gelas kapiler yang diameternya 2 mm . Tegangan permukaan minyak tersebut...
- $72,7 \text{ dn/cm}$
 - $75,2 \text{ dn/cm}$
 - $76,7 \text{ dn/cm}$
 - $77,2 \text{ dn/cm}$
 - $77,6 \text{ dn/cm}$
23. Dua lempeng gelas ditahan vertikal pada jarak $0,5 \text{ mm}$ satu sama lain, kemudian bagian bawah dimasukkan dalam alkohol yang massa jenisnya $0,79 \text{ g/cm}^3$ dan tegangan permukaannya $22,6 \text{ dyne/cm}$. Alkohol akan naik antara kedua lempeng itu setinggi....
- 1 cm
 - $1,17 \text{ cm}$
 - $1,71 \text{ cm}$
 - 2 cm
 - $2,17 \text{ cm}$
24. Sebuah pipa yang berbentuk huruf U berisi air raksa. Kaki yang besar mempunyai garis tengah dalam 1 cm . Selisih tinggi permukaan air raksa dalam kedua kaki itu 3 mm . Sudut kontak antara air raksa dan gelas 120° . Massa jenis air raksa $13,6 \text{ g/cm}^3$. Tegangan permukaan air raksa 465 dyne/cm . Garis tengah dalam kaki yang kecil....
- 1 mm
 - $1,5 \text{ mm}$
 - $1,8 \text{ mm}$
 - 2 mm
 - $2,1 \text{ mm}$

25. Pada waktu hujan turun terdapat sebuah gelembung air yang berbentuk separo bola berdiameter 3 cm pada ubin di tepi jalan. Tegangan permukaan air 72 dyne/cm. Gaya ke atas yang dilakukan oleh batasan gelembung itu kepada ubin....
- 1306 dyne
 - 1360 dyne
 - 1603 dyne
 - 1630 dyne
 - 3160 dyne
26. Besarnya tegangan permukaan dapat dinyatakan dengan rumus....
- $\gamma = \frac{F}{L}$
 - $\gamma = \frac{F}{2L}$
 - $\gamma = \frac{2F}{L}$
 - $\gamma = FL$
 - $\gamma = 2FL$
27. Dalam sistem cgs tegangan permukaan dinyatakan dengan....
- dyne
 - dyne cm
 - dyne/cm
 - dyne/cm²
 - dyne cm²

28. Jika usaha yang harus dilakukan untuk menambah luas permukaan W , maka tegangan permukaan dapat dinyatakan dengan rumus....
- a. $\gamma = \frac{W}{2A}$
 - b. $\gamma = \frac{2W}{A}$
 - c. $\gamma = \frac{W}{A}$
 - d. $\gamma = WA$
 - e. $\gamma = 2WA$
29. Satuan untuk tegangan permukaan juga dapat dinyatakan dalam....
- a. erg
 - b. erg/cm
 - c. erg/cm²
 - d. erg cm
 - e. erg cm²
30. Tegangan permukaan dapat dianggap sebagai besarnya energi potensial yang dipunyai oleh permukaan per satuan....
- a. panjang
 - b. luas
 - c. volume
 - d. massa
 - e. waktu
31. Tetesan zat cair selalu mengambil bentuk yang mempunyai....
- a. volume terkecil
 - b. volume terbesar
 - c. luas permukaan terkecil
 - d. luas permukaan terbesar
 - e. volume dan luas terbesar

32. Jika zat cair membasahi dinding, sudut kontakny....
- a. $= 90^\circ$
 - b. $< 90^\circ$
 - c. $> 90^\circ$
 - d. $= 0^\circ$
 - e. $> 180^\circ$
33. Detergen dapat mengubah sudut kontak....
- a. $> 90^\circ$ menjadi $< 90^\circ$
 - b. $< 90^\circ$ menjadi $> 90^\circ$
 - c. 90° menjadi 0°
 - d. 0° menjadi 90°
 - e. 90° menjadi 180°
34. Meniskus cembung mempunyai sudut kontak....
- a. 0°
 - b. 90°
 - c. $< 90^\circ$
 - d. $> 90^\circ$
 - e. $> 180^\circ$
35. Air di dalam sebuah tangki berada 2,5 m di atas dasarnya. Bila di dasar tangki itu dibuat lubang kecil, maka air akan keluar dengan kecepatan....
- a. 5 m/det
 - b. 6 m/det
 - c. 7 m/det
 - d. 8 m/det
 - e. 9 m/det

36. Sebuah pipa horisontal yang penampang lintangnya 25 cm^2 mempunyai penguncupan yang penampang lintangnya 5 cm^2 . jika air yang melalui pipa besar mempunyai kecepatan $1,75 \text{ m/det}$, maka kecepatan air yang melalui penguncupan itu....
- 8 m/det
 - $8,5 \text{ m/det}$
 - $8,75 \text{ m/det}$
 - 9 m/det
 - $9,5 \text{ m/det}$
37. Cepat aliran air dalam sebuah pipa horisontal yang penampang lintangnya 80 cm^2 adalah 30 liter/detik . Tekanannya 83 cm Hg . Tekanan pada pipa tersebut di mana penampang lintangnya 20 cm^2
- $3,58 \text{ cm Hg}$
 - $3,85 \text{ cm Hg}$
 - $5,38 \text{ cm Hg}$
 - $5,83 \text{ cm Hg}$
 - $8,53 \text{ cm Hg}$
38. Sebuah pipa horisontal dengan penampang dalam 25 cm^2 mempunyai penguncupan yang penampang dalamnya 6 cm^2 . Minyak yang massa jenisnya $0,7 \text{ g/cm}^3$ masuk ke dalam pipa besar dengan kecepatan $1,8 \text{ m/det}$ di mana tekanannya 52 cm Hg . Tekanan di dalam penguncupan....
- 30 cm Hg
 - 32 cm Hg
 - 36 cm Hg
 - 38 cm Hg
 - 40 cm Hg

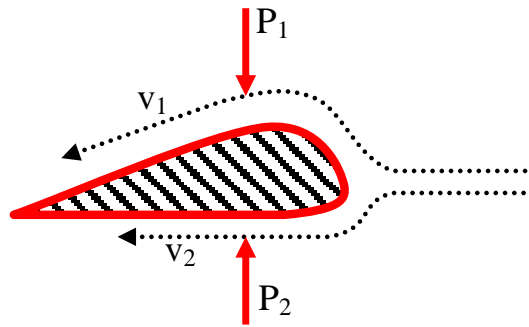
39. Air mengalir dalam sebuah penguncupan pipa dengan kecepatan 30 cm/det. Jika luas penampang penguncupan itu sepersepuluhnya luas penampang pipa yang normal, maka penurunan tekanan air dalam penguncupan itu....
- 0,01 cm Hg
 - 0,02 cm Hg
 - 0,03 cm Hg
 - 0,04 cm Hg
 - 0,05 cm Hg
40. Sebuah pesawat terbang yang beratnya 350 kgf mempunyai sayap yang luasnya 11 m². Untuk menahan pesawat itu dalam penerbangannya mendarat, di kedua sisi sayapnya diperlukan selisih tekanan....
- 0,001 kgf/cm²
 - 0,002 kgf/cm²
 - 0,003 kgf/cm²
 - 0,004 kgf/cm²
 - 0,005 kgf/cm²
41. Sebuah tangki berisi minyak. Pada dasarnya terdapat pipa saluran yang penampangnya 1 cm². Selisih tinggi permukaan minyak dengan lubang pipa 2,5 m. Kecepatan aliran minyak yang keluar melalui pipa....
- 0,7 liter/det
 - 0,8 liter/det
 - 0,9 liter/det
 - 1 liter/det
 - 1,1 liter/det
42. Minyak yang massa jenisnya 0,8 g/cm³ melalui sebuah pipa yang berbentuk corong. Penampang lintang lubang corong di mana minyak itu masuk 500 cm² dan penampang lintang lubang corong di mana minyak itu keluar 100 cm². Letak pusat lubang corong yang kecil 50 cm lebih rendah daripada pusat lubang yang besar. Kecepatan aliran dalam pipa 100 liter/detik. Jika tekanan pada lubang yang besar 77 cm Hg, maka tekanannya pada lubang yang kecil....

- a. 50 cm Hg
 - b. 50,5 cm Hg
 - c. 51 cm Hg
 - d. 51,1 cm Hg
 - e. 52 cm Hg
43. Permukaan air di dalam sebuah tangki berada 1,2 m di atas pusat sebuah lubang pada dinding tangki. Luas penampang lubang itu 5 cm^2 , tetapi waktu meninggalkan lubang itu arus menguncup menjadi $\frac{2}{3}$ dari ukuran lubang sendiri. Banyaknya air yang keluar tiap detik....
- a. 1 liter
 - b. 1,2 liter
 - c. 1,5 liter
 - d. 1,6 liter
 - e. 1,7 liter
44. Jika zat cair melalui sebuah pipa yang makin menyempit, maka....
- a. kecepatannya makin kecil
 - b. kecepatan alirannya makin kecil
 - c. kecepatannya sama besar
 - d. kecepatan alirannya sama besar
 - e. kecepatannya nol
45. Jika zat cair melalui sebuah pipa yang makin menyempit maka....
- a. zat cair akan mengalami suatu percepatan
 - b. zat cair akan mengalami suatu perlambatan
 - c. tekanan di dalam aliran zat cair makin besar
 - d. tekanan di dalam aliran zat cair di mana- mana sama besar
 - e. zat cair akan diam

46. Volume zat cair yang mengalir melalui sebuah lubang di dasar sebuah tangki tiap detik tidak bergantung pada....
- berat jenis zat cair
 - percepatan gravitasi
 - luas penampang lubang
 - tinggi zat cair di atas lubang
 - massa zat cair
47. Hukum Bernoulli berdasarkan....
- hukum Archimedes
 - hukum Pascal
 - hukum Newton
 - hukum kekekalan massa dan energi
 - hukum Boyle
48. Sebuah pesawat mempunyai lebar sayap total 15 m^2 . Jika kecepatan aliran udara di atas dan di bawah sayap masing- masing 60 m/s dan 30 m/s serta massa jenis udara $1,2 \text{ kg/m}^3$. Besarnya gaya ke atas yang dialami pesawat adalah....
- $16\,200 \text{ N}$
 - $20\,100 \text{ N}$
 - $24\,300 \text{ N}$
 - $30\,500 \text{ N}$
 - $34\,600 \text{ N}$
49. Tinggi permukaan air pada tangki $1,25 \text{ m}$, sedang tempat lubang kebocoran 80 cm dari alas tangki. Jika $g = 10 \text{ m/s}^2$ maka jauh tempat jatuhnya air diukur dari dinding tangki....
- $0,5 \text{ m}$
 - $0,8 \text{ m}$
 - $1,0 \text{ m}$
 - $1,2 \text{ m}$
 - $1,5 \text{ m}$

50. Perhatikan gambar berikut. Agar sayap pesawat terbang dapat mengangkat pesawat, maka syaratnya....

- a. $P_1 = P_2$ dan $V_1 = V_2$
- b. $P_1 < P_2$ dan $V_1 > V_2$
- c. $P_1 < P_2$ dan $V_1 < V_2$
- d. $P_1 > P_2$ dan $V_1 > V_2$
- e. $P_1 > P_2$ dan $V_1 < V_2$

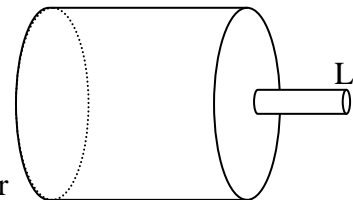


Soal-soal uraian

Kerjakan soal-soal di bawah ini dengan benar!

1. Air yang mengalir dalam sebuah pipa yang berdiameter 6 cm berkecepatan 1,5 m/det. Berapa kecepatan air dalam pipa yang berpenampang dengan diameter 3 cm, jika pipa ini dihubungkan dengan pipa pertama dan semia pipa penuh.
2. Pipa dengan penampang 2 cm^2 dialiri air dengan kecepatan 2 m/s. Ditanyakan :
 - a. Berapa cm^3 dapat dialirkan tiap menit
 - b. Berapa kecepatan alir air bila pipa dihubungkan dengan pipa yang berpenampang 1 cm^2

3. Perhatikan alat seperti tergambar di sebelah kanan
 Berapa kecepatan air yang dipancarkan lewat lobang L
 jika tekanan terhadap air 10^6 Pa dan tekanan udara luar 10^5 Pa dan apabila kecepatan air dalam reservoir Boleh diabaikan.



4. Sebuah tangki berisi air dan mempunyai kran setinggi 2 meter di atas tanah. Jika kran dibuka, maka air akan memancar keluar dan jatuh pada jarak horizontal sejauh 15 m dari kran. Berapa tinggi permukaan air dari kran, jika percepatan gravitasi bumi 10 m/s^2 dan kecepatan turunnya air boleh diabaikan.
5. Sebuah pipa panjang memiliki penampang berbeda pada empat bagian. Luas penampang pipa berturut-turut pada bagian 1, bagian 2, bagian 3 adalah 150 cm^2 , 100 cm^2 dan 50 cm^2 . Laju aliran air pada bagian 1 adalah 8 m/s. Sedangkan pada bagian 4 adalah 4,8 m/s. Tentukanlah :

- a. Debit air melalui keempat penampang itu
 - b. Luas penampang pada bagian 4
 - c. Laju air pada bagian 2 dan 3
6. Sebuah pipa air memiliki dua penampang yang berbeda. Diameter masing-masing penampang adalah 15 cm dan 10 cm. Jika laju aliran pada penampang yang kecil adalah 9 m/s. Berapakah laju aliran pada penampang yang besar ?
7. Sebuah tangki berisi air, pada jarak 20 meter di bawah permukaan air pada tangki itu terdapat kebocoran.
- a. Berapa kecepatan air yang memancar dari lubang tersebut.
 - b. Bila luas lubang $1 \times 10^{-6} \text{ m}^2$. Berapa liter volume air yang keluar dalam 1 detik.
8. Air mengalir melalui sebuah pipa mendatar yang luas penampangnya berbeda, penampang $X = 8 \text{ cm}^2$, kecepatan air adalah 3 cm/s. Tentukanlah :
- a. Kecepatan air pada penampang Y yang luasnya 2 cm^2 .
 - b. Beda tekanan antara X dan Y
9. Pada suatu pipa mendatar yang luas penampangnya 30 cm^2 , tekanan statis air yang mengalir dengan aliran stasioner adalah $6,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ dan tekanan totalnya adalah $6,7 \cdot 10^4 \text{ Pa}$. Hitung :
- a. Kecepatan aliran air
 - b. Debit air yang melalui pipa
10. Sebuah pipa silindris lurus memiliki diameter 10 cm. Pipa tersebut diletakkan horizontal, sedangkan air mengalir didalamnya dengan kecepatan 2 m/s. Diujung pipa terdapat mulut pipa dengan diameter 1,25 cm.
- a. Berapa kecepatan air yang keluar dari mulut pipa.
 - b. Bila mulut pipa berhubungan dengan udara luar, berapa tekanan air di dalam mulut pipa jika $P_{\text{bar}} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.
11. Air mengalir dengan aliran stasioner sepanjang pipa mendatar yang luas penampangnya 20 cm^2 pada suatu bagian dan 5 cm^2 pada bagian yang lebih sempit. Jika tekanan pada penampang yang lebih sempit adalah $4,80 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ dan laju alirannya 4 m/s, Tentukanlah :
- a. Laju aliran
 - b. Tekanan pada penampang yang besar

12. Dalam suatu pipa, ada air mengalir. Di suatu tempat, laju air adalah 3 m/s, sedangkan di tempat lain yang terletak 1 meter lebih tinggi, laju air adalah 4 m/s.
- Berapakah tekanan air di tempat yang tinggi bila tekanan air di tempat yang rendah $2 \cdot 10^4$ Pa.
 - Berapa tekanan air di tempat yang tinggi bila air dalam pipa berhenti dan tekanan air di tempat yang rendah $1,8 \cdot 10^4$ Pa.
13. Sebuah pipa lurus mempunyai dua macam penampang, masing-masing $0,1 \text{ m}^2$ dan $0,05 \text{ m}^2$. pipa tersebut diletakkan miring. Sehingga penampang kecil berada 2 m lebih tinggi daripada penampang besar. Tekanan air pada penampang kecil adalah $2 \cdot 10^5$ Pa. Dan laju air pada penampang besar 5 m/s. Tentukanlah :
- laju air dalam penampang kecil dan tekanan air pada penampang besar ?
 - Volume air yang melalui pipa per-menit
14. Pesawat terbang modern dirancang untuk gaya angkat kira-kira 1300 N per m^2 penampang sayap. Anggap udara mengalir melalui sayap sebuah pesawat terbang dengan garis arus aliran udara. Jika kecepatan aliran udara yang melalui bagian yang lebih rendah adalah 100 m/s. Berapa kecepatan aliran udara di sisi atas sayap untuk menghasilkan gaya angkat sebesar 1300 N/m^2 pada tiap sayap. (Massa jenis udara $1,3 \text{ kg/m}^3$).
15. Tiap sayap sebuah pesawat terbang memiliki luas penampang 25 m^2 . jika kelajuan udara bagian bawah sayap adalah 50 m/s dan pada bagian atasnya 70 m/s. Tentukanlah berat pesawat itu. (anggap pesawat terbang mendarat pada kelajuan tetap pada ketinggian di mana massa jenis udara sama dengan 1)
16. Sebuah arca perak dalamnya berongga. Berat arca 10^5 dyne. Jika dicelupkan dalam minyak ($\rho = 0,8 \text{ gr/cm}^3$) beratnya $8 \cdot 10^4$ dyne. berapa volume rongga yang terdapat di dalam arca bila ρ perak = $10,5 \text{ gr/cm}^3$ dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.
17. Debit air yang melalui sebuah pipa air adalah $5000 \text{ cm}^3/\text{s}$. Kelajuan air pipa utama dan pipa menyempit venturimeter meter masing- masing 3 m/s dan 5 m/s. Jika massa jenis raksa $13,6 \text{ gr/cm}^3$, massa jenis air 1 gr/cm^3 dan $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Tentukan:

- a. Beda tekanan air antara kedua pipa tersebut.
- b. Beda ketinggian raksa dalam kedua kaki manometer.

Glosarium

- Adhesi = gaya tarik menarik antara partikel-partikel yang tidak sejenis.
- Arus streamline = arus lengkung tak bersudut.
- Fluida = zat alir yang berupa zat cair dan zat gas.
- Fluida statik = fluida yang tidak mengalir.
- Fluida dinamik = fluida yang mengalir.
- Fluida ideal = fluida yang memiliki ciri-ciri istimewa dan hanya ada di angan-angan tidak dalam kenyataan.
- Fluida sejati fluida yang ada dalam kenyataan.
- Gejala kapilaritas = gaya dorong pada pembuluh kapiler.
- Koefisien viskositas = derajat kekentalan suatu fluida.
- Kohesi = gaya tarik menarik antara partikel-partikel yang sejenis.
- Manometer = alat pengukur tekanan dalam ruang tertutup.
- Meniskus cembung = permukaan fluida dengan sudut kontak $> 90^\circ$
- Meniskus cekung = permukaan fluida dengan sudut kontak $< 90^\circ$
- Neraca torsi = alat untuk menentukan tegangan permukaan.
- Pipa kapiler = pipa dengan pembuluh berdiameter sangat kecil.
- Tekanan hidrostatik = tekanan yang ditimbulkan zat cair pada kedalaman tertentu.
- Venturimeter = alat untuk menentukan kecepatan aliran fluida.
- Viskositas = kekentalan fluida.