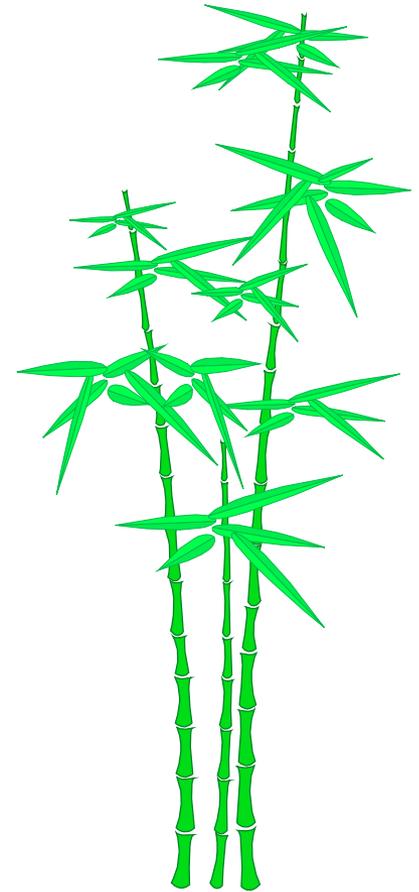


FLUIDA

Dr. Edy Supriyanto



Fluida

- Pokok Bahasan
 - Fluida statik
 - Tekanan
 - Prinsip Pascal
 - Prinsip Archimedes
 - Fluida dinamik
 - Persamaan Bernoulli

Fluida

- Pada temperatur normal, zat dapat berwujud:
 - Padatan/Solid
 - Cair/Liquid
 - Gas
- } Fluida

“Fluida”?

- “Zat yang dapat mengalir dan memiliki bentuk seperti wadah yang menampungnya”
- Atom-atom dan molekul-molekul bebas bergerak

Fluida

- Besaran penting untuk mendeskripsikan fluida?
 - Rapat massa (densitas)

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

satuan:
 $\text{kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ g/cm}^3$

$$\rho(\text{air}) = 1.000 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 1.000 \text{ g/cm}^3$$

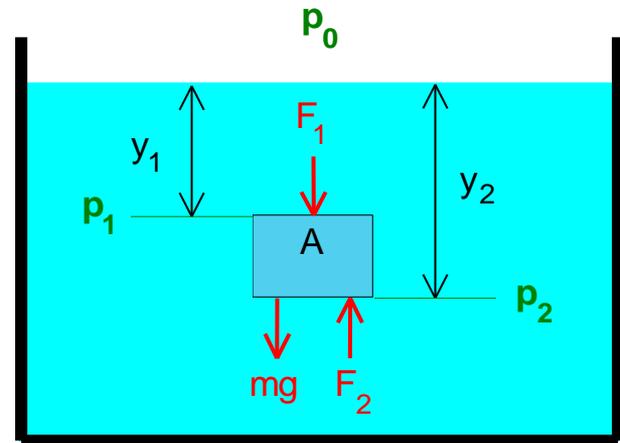
$$\rho(\text{es}) = 0.917 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 0.917 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho(\text{udara}) = 1.29 \text{ kg/m}^3 = 1.29 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

$$\rho(\text{Hg}) = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 = 13.6 \text{ g/cm}^3$$

Hubungan tekanan dengan kedalaman fluida

- Anggapan: fluida tak termampatkan (incompressible)
- Rapat massa konstan



- Bayangkan volume fluida khayal (kubus, luas penampang A)
 - Resultan semua gaya pada volume tersebut harus NOL → keadaan setimbang: $F_2 - F_1 - mg = 0$

$$\begin{aligned} F_2 - F_1 &= p_2 A - p_1 A \\ mg &= \rho(y_2 - y_1)Ag \end{aligned} \Rightarrow p_2 = p_1 + \rho g(y_2 - y_1)$$

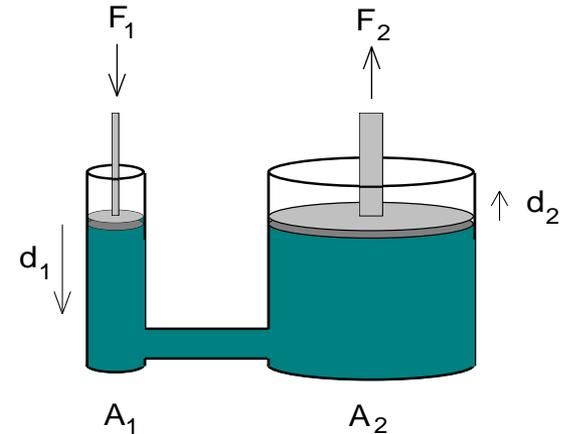
Prinsip Pascal

- Dengan Hk. Newton:
 - Tekanan merupakan fungsi kedalaman: $\Delta p = \rho g \Delta y$
- Prinsip Pascal membahas bagaimana perubahan tekanan diteruskan melalui fluida

Perubahan tekanan fluida pada suatu bejana tertutup akan diteruskan pada setiap bagian fluida dan juga pada dinding bejana tersebut.

- Prinsip Pascal → tuas/pengungkit hidrolik
 - Penerapan gaya yang cukup kecil di tempat tertentu dapat menghasilkan gaya yang sangat besar di tempat yang lain.
 - Bagaimana dengan kekekalan energi?

- Perhatikan sistem fluida di samping:
 - Gaya ke bawah F_1 bekerja pada piston dengan luas A_1 .
 - Gaya diteruskan melalui fluida sehingga menghasilkan gaya ke atas F_2 .
 - Prinsip Pascal: perubahan tekanan akibat F_1 yaitu F_1/A_1 diteruskan pada fluida.



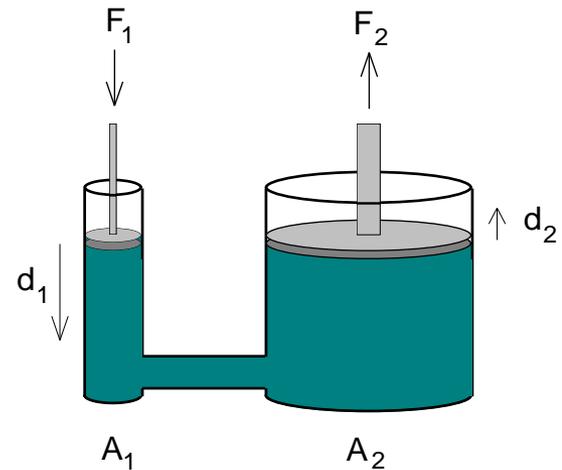
$$\longrightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \longrightarrow F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

- $F_2 > F_1$: pelanggaran hukum kekekalan energi??

- Misalkan F_1 bekerja sepanjang jarak d_1 .
 - Berapa besar volume fluida yang dipindahkan?

$$\Delta V_1 = d_1 A_1$$

volume ini menentukan seberapa jauh piston di sisi yang lain bergerak



$$\Delta V_2 = \Delta V_1 \quad \longrightarrow \quad d_2 = d_1 \frac{A_1}{A_2}$$

$$\longrightarrow W_2 = F_2 d_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1} d_1 \frac{A_1}{A_2} = W_1$$

- Usaha yang dilakukan F_1 sama dengan usaha yang dilakukan $F_2 \rightarrow$ kekekalan energi

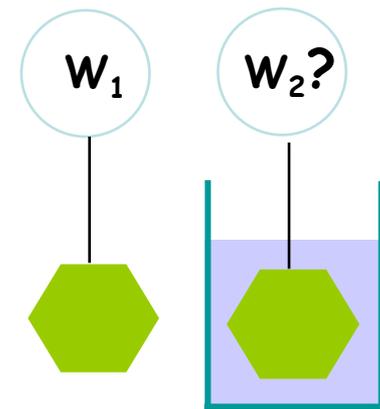
Prinsip Archimedes

- Mengukur berat suatu benda di udara (W_1) ternyata berbeda dengan berat benda tersebut di air (W_2)

$$W_1 > W_2$$

– Mengapa?

- Karena tekanan pada bagian bawah benda lebih besar daripada bagian atasnya, air memberikan gaya resultan ke atas, gaya apung, pada benda.



- Gaya apung sama dengan selisih tekanan dikalikan luas.

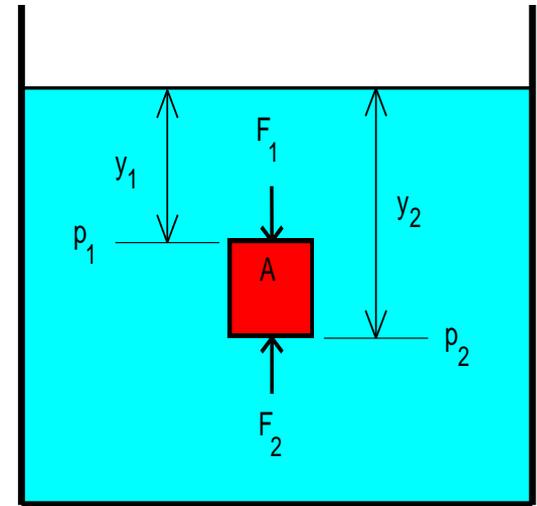
$$F_B = (p_2 - p_1) \cdot A = \rho g(y_2 - y_1)A$$

$$F_B = \rho_{fluida} \cdot g \cdot V_{benda_dlm_fluida} = m_{fluida_pindah} \cdot g = W_{fluida}$$

Archimedes:

Gaya apung sama dengan berat volume fluida yang dipindahkan oleh benda.

- Besar gaya apung menentukan apakah benda akan terapung atau tenggelam dalam fluida



Fluida Dinamik

Statik: rapat massa & tekanan

kecepatan alir



Fluida dinamik/
bergerak

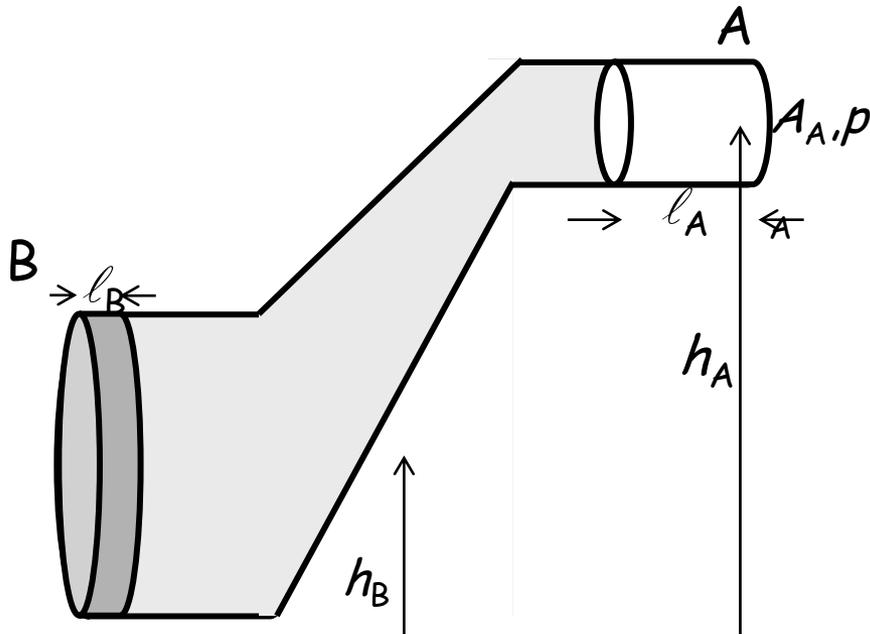


Beberapa anggapan (model) yang digunakan:

- Tak kompressibel (*incompressible*)
- Temperaturnya tidak bervariasi
- Alirannya tunak, sehingga kecepatan dan tekanan fluida tidak bergantung terhadap waktu
- Alirannya laminar
- Alirannya tidak berrotasi (*irrotational*)
- Tidak kental

Persamaan Bernoulli

- Menyatakan kekekalan energi pada aliran fluida



- Fluida pada titik B mengalir sejauh l_B dan mengakibatkan fluida di A mengalir sejauh l_A .

- Usaha yang dilakukan pada fluida di B:

$$W_B = F_B l_B = p_B A_B l_B$$

- Usaha yang dilakukan pada fluida di A:

$$W_A = -F_A l_A = -p_A A_A l_A$$

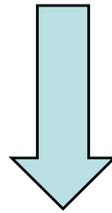
- Usaha oleh gaya gravitasi adalah

$$W_{\text{grav}} = -mg(h_A - h_B)$$

Usaha total:

$$W_{\text{total}} = W_B + W_A + W_{\text{grav}} = p_B A_B l_B - p_A A_A l_A - mgh_A + mgh_B$$

$$\Delta K = \frac{1}{2} mv_A^2 - \frac{1}{2} mv_B^2 = p_B A_B l_B - p_A A_A l_A - mgh_A + mgh_B$$

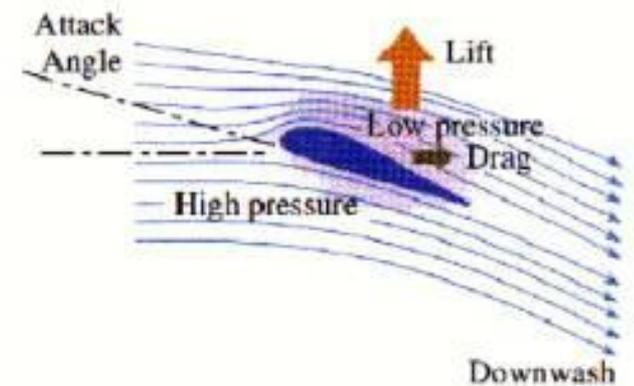


$$p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho gh_A = p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho gh_B$$

(Persamaan Bernoulli)

Contoh aplikasi

- Gaya angkat sayap pesawat terbang
- Optimalisasi kinerja olahraga



- Fenomena lebih kompleks: turbulens

