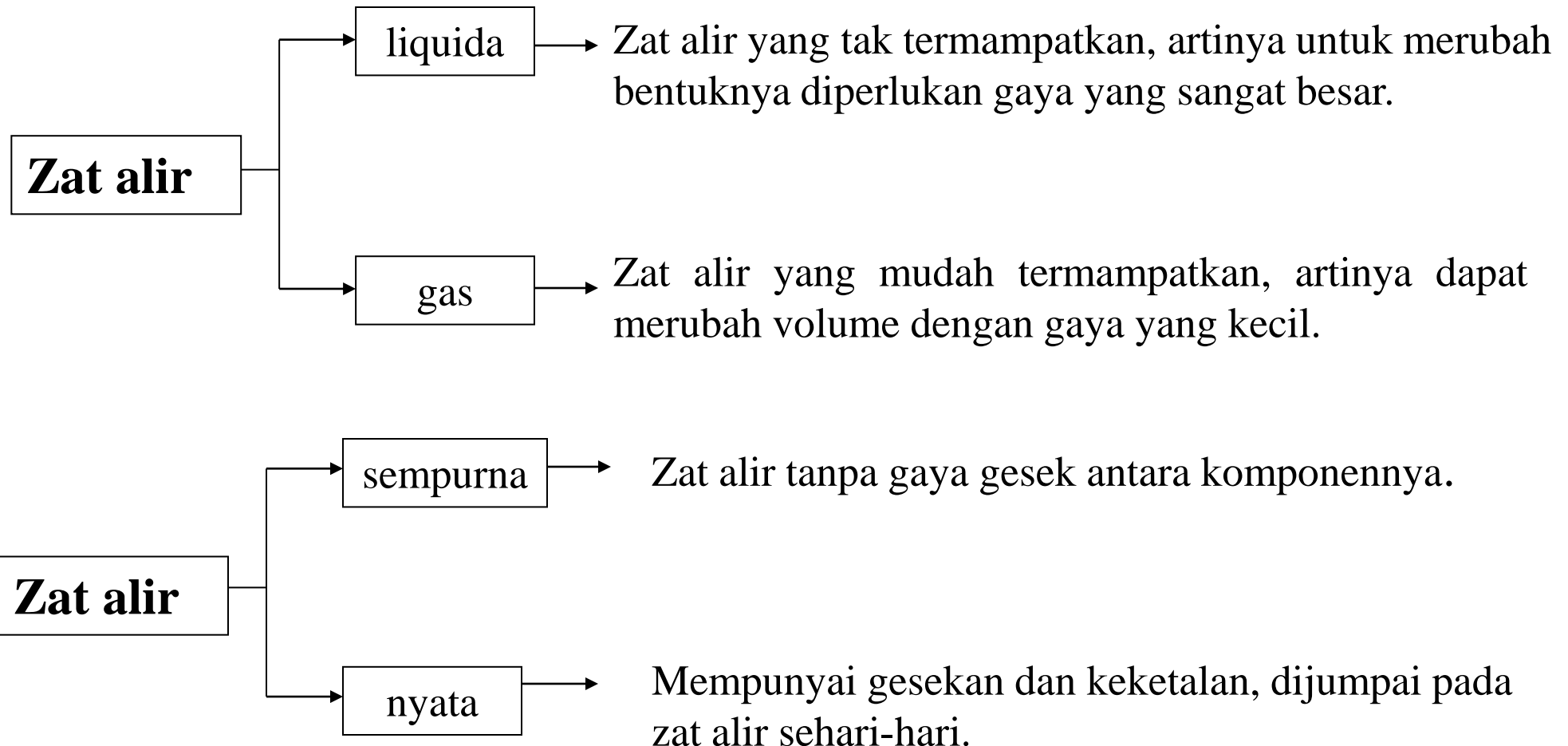


MEKANIKA ZALIR (FLUIDA)

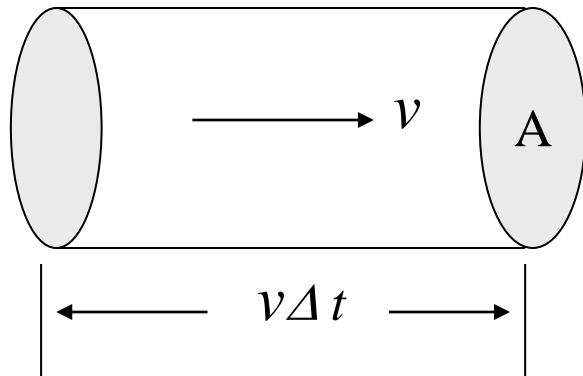
Zalir atau fluida yaitu zat alir yang mempunyai sifat ubah bentuk mudah, gaya gesek antara partikel-partikel penyusunnya sangat kecil dan dapat diabaikan.



Rapat dan Kecepatan Zalir

Zalir merupakan sistem partikel dengan jumlah partikel yang sangat besar, masing-masing partikel sangat kecil sehingga posisi, kecepatan dan gaya masing-masing partikel sangat sulit atau tidak mungkin diamati. Oleh karena itu ditentukan besaran makroskopis yang merupakan sifat rerata dari partikel-partikel penyusun zalir tersebut, seperti rapat, kecepatan, suhu, volume, tekanan, dll.

Rapat adalah jumlah massa per satuan volume. Rapat zalir $\rho(x,y,z,t)$ dan kecepatan zalir $v(x,y,z,t)$ merupakan fungsi posisi dan waktu.



Gambar : Aliran zalir dengan luas penampang A

Jumlah volume zalir yang melewati penampang A adalah :

$$\Delta V = Av\Delta t$$

v = kecepatan zalir

Jumlah zalir yang mengalir per satuan luas per satuan waktu adalah :

$$(\Delta V / \Delta t) / A = v$$

Contoh : Air dalam pipa pemadam kebakaran dengan diameter 6,4 cm mempunyai kecepatan alir 4,0 m/s. Berapa cepat pipa tersebut mengeluarkan air, dalam m^3/s dan dalam kg/s.

Jawab : Luas penampang pipa : $A = \pi R^2$, dimana $R = 1/2 D$, $D =$ diameter pipa

$$R = 1/2 \times 6,4 \text{ (cm)} = 3,2 \text{ (cm)} = 3,2 \times 10^{-2} \text{ (m)}$$

$$A = \pi R^2 = \pi \times (3,2 \times 10^{-2})^2 \text{ (m}^2\text{)} = 3,2 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Kecepatan semprot :

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = Av = 3,2 \times 10^{-3} \times 4,0 = 1,3 \times 10^{-2} \text{ (m}^3 / \text{s)}$$

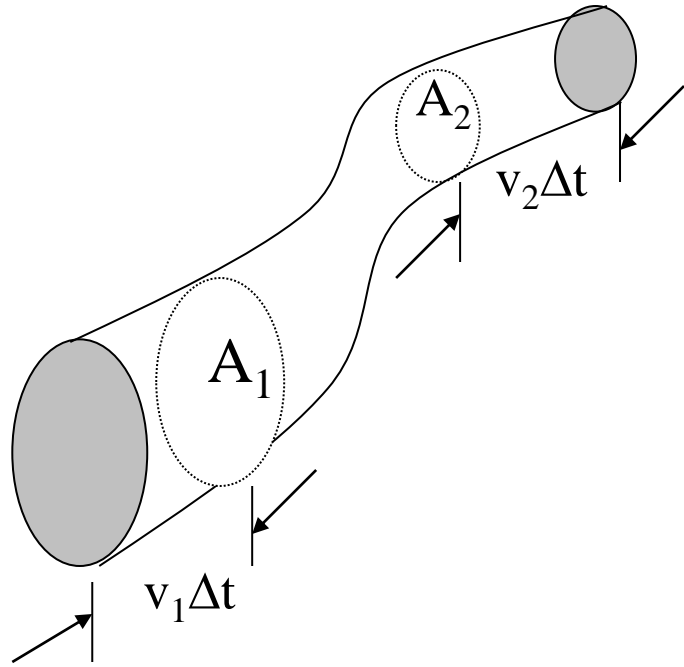
Kecepatan semprot massa :

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \rho \frac{\Delta V}{\Delta t} = 1,0 \times 10^3 \text{ (kg / m}^3\text{)} \times 1,3 \times 10^{-2} \text{ (m}^3 / \text{s)} = 13 \text{ (kg / s)}$$

Aliran Tunak (Ajeg) Zahir takmampat

Aliran tunak adalah aliran dengan kecepatan pada setiap titik tak gayut (bergantung) waktu.

Persamaan Kontinuitas (Kemalaran)



Gambar : Tabung arus zalir

Dipandang suatu tabung arus atau pipa penghantar zalir. Apabila zalir tak mampat, berlaku bahwa volume zalir yang masuk sama dengan volume zalir yang keluar.

Dirumuskan :

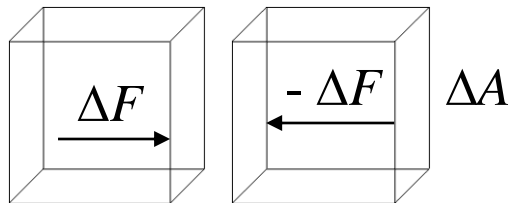
$$v_1 A_1 \Delta t = v_2 A_2 \Delta t$$

Sehingga diperoleh :

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

Persamaan di atas dikenal sebagai persamaan *kontinuitas* (kemalaran) dimana v = kecepatan zalir dan A = luas penampang pipa

Tekanan Zalir



Gaya F bekerja pada luasan permukaan kubus ΔA yang setimbang, maka tekanan dalam zalir didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, atau :

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

Satuan untuk Tekanan adalah : $1 \text{ pascal} = 1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

Satuan-satuan lainnya :

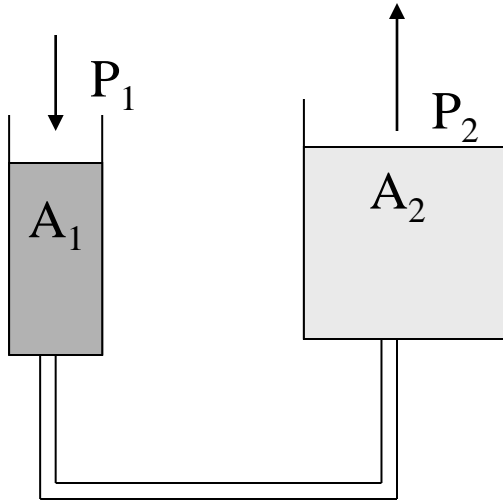
$1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 14,7 \text{ psi}$ (satuan Inggris)

$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr} = 1/760 \text{ atm}$

$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$

$1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ N/m}^2 = 0,750 \text{ mmHg}$

Tekanan di dalam Zalir Statik



Azas Pascal menyatakan bahwa tekanan di semua titik di dalam zalir statik adalah sama, artinya apabila satu bagian daripada zalir statik mendapat tekanan tertentu, maka tekanan itu akan diteruskan/ditransmisikan ke semua titik atau bagian dari zalir tersebut. Asas ini diterapkan untuk pompa hidraulik, untuk membagkitkan gaya yang besar dengan gaya (tekanan) yang kecil.

Gambar : Prinsip dasar pompa hidraulik

Ditinjau dua penampang A_1 dan A_2 dengan A_2 jauh lebih besar daripada A_1 , maka :

$$P_1 = P_2$$

Sedangkan Tekanan adalah : $P = \frac{F}{A}$

maka gaya pada penghisap silinder kedua adalah : $F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1$

Contoh : Sebuah pompa hidraulik diameter penghisap kecilnya 2,0 cm dan yang besar 10 cm. Apabila penghisap kecil ditekan dengan gaya 100 N, maka berapakah gaya yang timbul pada penghisap besar ?

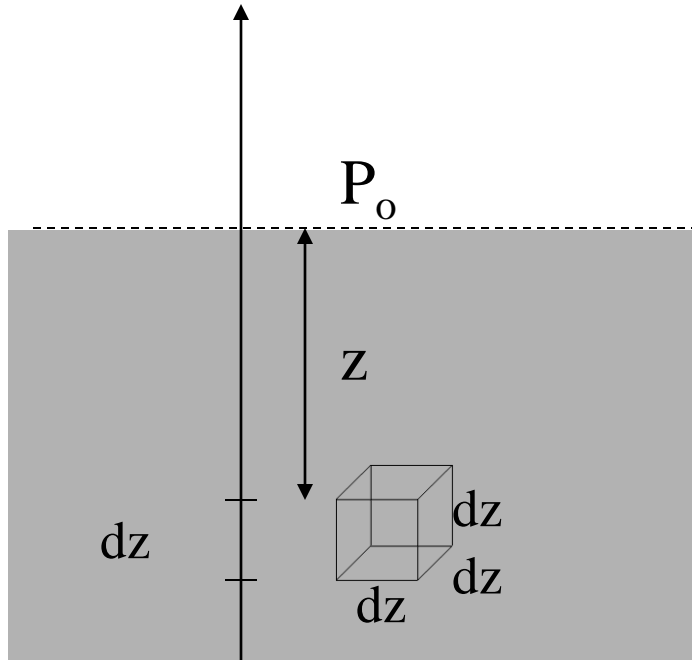
Jawab : Luas penampang penghisap sebanding dengan diameter kuadratnya.

$$A \sim d^2$$

Gaya pada penghisap kedua adalah :

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 = \frac{(10 \times 10^{-2} \text{ (m}^2\text{)})^2}{(2 \times 10^{-2} \text{ (m}^2\text{)})^2} \times 100 \text{ N} = 2500 \text{ N}$$

Tekanan karena Pengaruh Gravitasi (Hidrostatik)



Tekanan hidrostatik zat tak mampat di titik sedalam z dari permukaan adalah :

$$P - P_o = -\rho g z$$

dimana P = tekanan pada kedalaman z

P_o = tekanan di permukaan zat

g = percepatan gravitasi

z = kedalaman

ρ = massa jenis zat

Contoh : Berapakah tekanan pada kedalaman 10 m di bawah permukaan kolam. Tekanan udara di permukaan kolam 1 atm.

Jawab : Tekanan udara : $P_o = 1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Rapat air : $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Kedalaman : $z = - 10 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{maka : } P = P_o - \rho g z &= 1,01 \times 10^5 - [1,0 \times 10^3 \times 9,81 \times (-10)] \\ &= 1,01 \times 10^5 + 1,0 \times 10^3 \times 9,81 \times 10 = 1,99 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Azas Archimedes

Azas ini menyatakan bahwa gaya apung pada benda oleh zat cair adalah sama besar dengan bobot zat cair yang dipindahkan/didesak oleh benda itu.

Contoh : Balon udara dengan volume $2,20 \times 10^3 \text{ m}^3$, diisi dengan udara panas dengan rapat $0,96 \text{ kg/m}^3$. Berapakah beban maksimum yang dapat diangkat balon ini bila dikelilingi udara dingin dengan rapat $1,29 \text{ kg/m}^3$.

Jawab : Bobot = $W = m g = \rho V g$

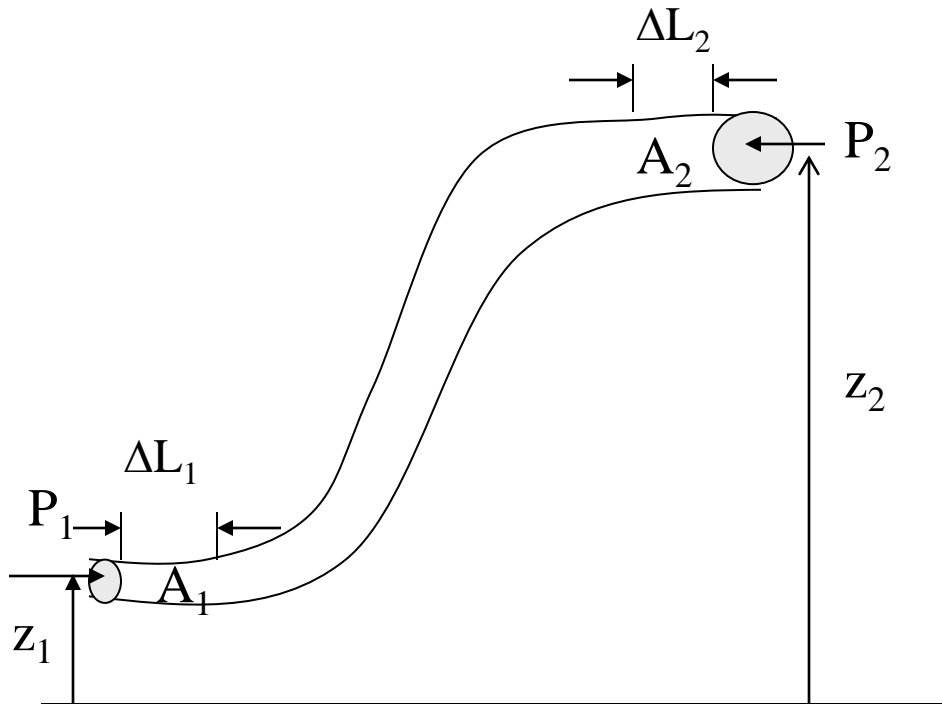
Bobot udara dingin yang didesak = $1,29(\text{kg/m}^3) \times 2,2 \times 10^3(\text{m}^3) \times g (\text{m/s}^2)$

Bobot udara panas dalam balon = $0,96(\text{kg/m}^3) \times 2,2 \times 10^3(\text{m}^3) \times g (\text{m/s}^2)$

Bobot beban maksimum = $2,84 \times 10^3 \text{ g} - 2,11 \times 10^3 \text{ g} = 730 \times \text{g} (\text{ kg})$

sehingga massa beban maksimum = 730 kg

Dinamika Zalir, Persamaan Bernoulli



Gambar : Aliran zalir dalam pipa

Di titik z_1 , besaran-besarannya adalah:

$$P_1, A_1, v_1$$

Di titik z_2 , besaran-besarannya adalah:

$$P_2, A_2, v_2$$

Usaha yang dilakukan tekanan P_1 sejauh L_1 adalah :

$$\Delta W_1 = P_1 A_1 \Delta L_1 = P_1 \Delta V$$

Di titik z_2 , usaha oleh P_2 adalah: $\Delta W_2 = -P_2 A_2 \Delta L_2 = -P_2 \Delta V$

Usaha total oleh zalir adalah jumlah kedua usaha tersebut, yaitu :

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 = P_1 \Delta V - P_2 \Delta V$$

Ditinjau perubahan *tenaga kinetik* dan *tenaga potensial* dari unsur volume dari titik z_1 ke titik z_2 , yaitu :

$$\Delta K + \Delta U = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 + \Delta m g z_2 - \Delta m g z_1$$

Dari asas *kekekalan tenaga mekanis total*, maka dipenuhi :

$$\boxed{\Delta W = \Delta K + \Delta U}$$

Sehingga diperoleh : $P_1 \Delta V - P_2 \Delta V = \frac{1}{2} \Delta m v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m v_1^2 + \Delta m g z_2 - \Delta m g z_1$

atau dapat dituliskan sebagai :

$$\frac{1}{2} \frac{\Delta m}{\Delta V} v_1^2 + \frac{\Delta m}{\Delta V} g z_1 + P_1 = \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{\Delta V} v_2^2 + \frac{\Delta m}{\Delta V} g z_2 + P_2$$

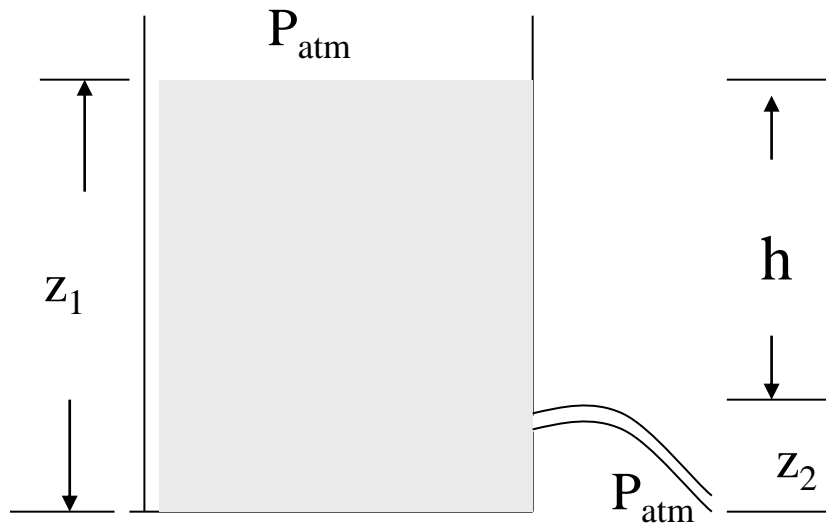
dengan rapat zahir diberikan oleh : $\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$

diperoleh : $\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2 + P_2$

atau : $\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z + P = \text{tetap (konstan)} \longrightarrow$ Persamaan *Bernoulli*

Persamaan Bernoulli merupakan persamaan dasar untuk dinamika zahir takmampat. Persamaan ini menyatakan bahwa pada satu garis arus dari suatu zahir takmampat bila kecepatan berkurang, maka tekanan akan bertambah dan sebaliknya. Perbedaan tekanan ini menghasilkan gaya angkat pada sayap pesawat terbang dan memungkinkan pesawat untuk terangkat ke atas.

Contoh : Sebuah tangki mempunyai lubang bocor kecil di dekat dasar pada kedalaman h dari permukaan atas. Berapakah laju aliran air dari lubang bocor tersebut ?.



Gambar : Tangki berlubang

Jawab : Anggap bahwa kecepatan air di permukaan atas adalah nol, karena air bergerak sangat lambat, sehingga $v_1 = 0$. Tekanan di permukaan atas dan di lubang bocor sama, yaitu :

$$P_1 = P_2 = P_{atm}$$

Persamaan Bernoulli memberikan :

$$0 + \rho g z_1 + P_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2 + P_{atm}$$

Sehingga diperoleh : $v_2 = \sqrt{2g(z_1 - z_2)} = \sqrt{2gh}$