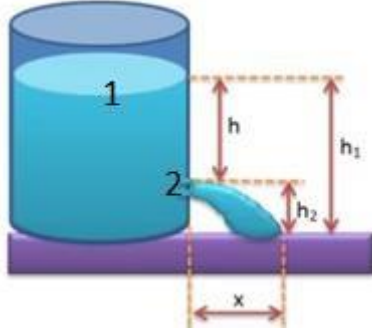


PENERAPAN AZAS BERNOULLI

Azas Bernaulli banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari diantaranya tangki air berlubang, Venturimeter, tabung pitot dan aliran udara pada sayap pesawat terbang.

1. Tangki air berlubang

Sebuah tabung berisi fluida dengan ketinggian permukaan fluida dari dasar adalah h . Memiliki lubang kebocoran pada ketinggian h_2 dari dasar tabung.



Jika permukaan fluida dianggap sebagai permukaan 1 dan lubang kebocoran sebagai permukaan 2, maka berdasarkan Azas Bernaulli:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Karena $P_1 = P_2$ dan $v_1 = 0$, maka ($v_1 \ll v_2$)

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

$$g h_1 = \frac{1}{2} v_2^2 + g h_2$$

$$\frac{1}{2} v_2^2 = g h_1 -$$

$$g h_2$$

$$h_2)$$

$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$

dimana

v_2 = besar kecepatan aliran fluida keluar dari tabung (m/s) g =

percepatan gravitasi (m/s^2)

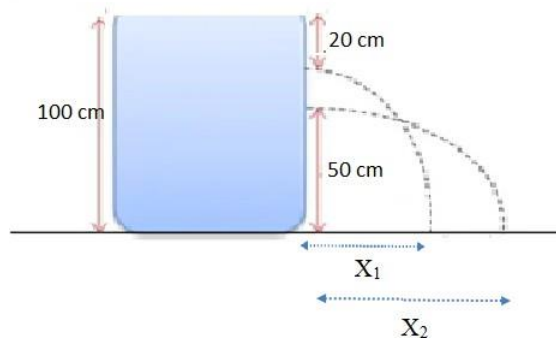
h_1 = ketinggian fluida dari dasar tabung (m)

h_2 = ketinggian lubang me bocoran dari dasar tabung (m)

Contoh Soal

Sebuah tabung berisi zat Cair sampai penuh. Pada dinding tabung terdapat dua lubang kecil pada ketinggian seperti terlihat pada gambar sehingga zat cair memancar keluar dari lubang dengan jarak horisontal X_1 dan X_2 . Berapakah perbandingan X_1 dan X_2 ?

Pembahasan



Diketahui :

$$h = 100\text{cm}$$

$$\text{Lubang1, } h_1 = 20\text{m}$$

$$\text{Lubang2, } h_1 = 50\text{cm}$$

Ditanyakan

$$X_1 : X_2 = \dots ?$$

Jawab

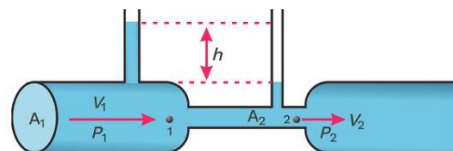
$$\begin{aligned} X_1 : X_2 &= 2\sqrt{h_1(h-h_1)} : 2\sqrt{h_1(h-h_1)} \\ &= \sqrt{20(100-20)} : \sqrt{50(100-50)} \\ &= \sqrt{1600} : \sqrt{2500} \\ &= 40 : 50 \\ &= 4 : 5 \end{aligned}$$

2. Pipa Venturimeter

Alat ini digunakan untuk mengukur laju aliran suatu cairan dalam sebuah pipa. Pada dasarnya, alat ini menggunakan pipa yang mempunyai bagian yang menyempit. Ada 2 macam venturimeter, yaitu:

1. Venturi meter tanpa manometer
2. Venturi meter dengan manometer

a. Venturi meter tanpa manometer



Menggunakan Azas Bernoulli, maka

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

Karena $h_1 = h_2$, maka

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2)$$

Karena $P_1 - P_2 = \rho gh$ dan $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$ maka

$$A_2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 - 1}}$$

dengan:

v_1 = besar kecepatan fluida melalui pipa dengan luas penampang A_1 (m/s)

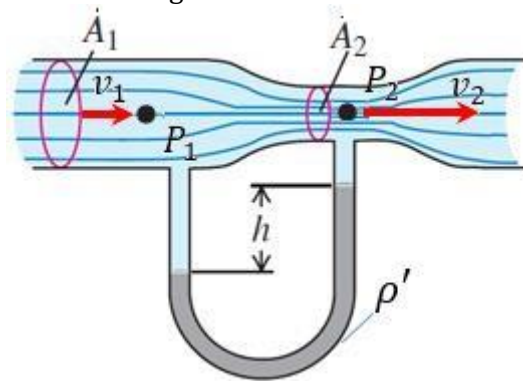
v_2 = besar kecepatan fluida melalui pipa dengan luas penampang A_2 (m/s)

h = selisih ketinggian fluida (m)

A_1 = luas penampang 1 (m²)

A_2 = luas penampang 2 (m²)

b. Venturi meter dengan manometer



Bila venturi meter dilengkapi dengan manometer (pipa U yang berisi zat cair lain, maka kecepatan fluida ditentukan dengan persamaan:

$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2(\rho' - \rho)gh}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

dengan

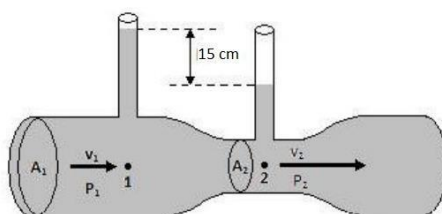
ρ' = massa jenis fluida pada manometer (kg/m³)

ρ = massa jenis fluida yang diukur kecepatannya (kg/m³)

h = perbedaan tinggi fluida pada manometer (m)

Contoh soal

Perhatikan gambar berikut!



Sebuah venturi meter memiliki luas penampang besar 10 cm^2 dan luas penampang kecil 5 cm^2 . Hitunglah besar kecepatan aliran air pada penampang besar dan penampang kecil ! ($g = 10\text{ m/s}^2$)

Pembahasan

Diketahui

$$A_1 = 10\text{ cm}^2 = 10 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2$$

$$A_2 = 5\text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-4}\text{ m}^2$$

$$h = 15\text{ cm} = 15 \cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$g = 10\text{ m/s}^2$$

Ditanyakan V_1 dan V_2 ?

$$V_1 = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 10^{-2}}{\left(\frac{10 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-4}}\right)^2 - 1}}$$

$$= 1\text{ m/s}$$

Untuk menentukan v_2 gunakan persamaan kontinuitas A_1 .

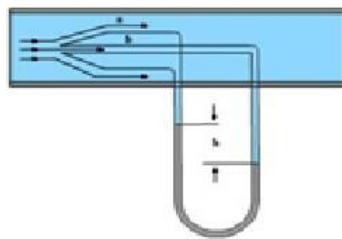
$$v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$10 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 5 \cdot 10^{-4} \cdot v_2$$

$$V_2 = 2\text{ m/s}$$

3. Tabung pitot

Tabung pitot merupakan alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran suatu gas atau udara. Berikut ditunjukkan gambar tabung pitot yang dilengkapi dengan manometer yang berisi zat cair.



Zat cair yang berada pada pipa U mempunyai beda ketinggian dan massa jenis ρ' . Bila massa jenis udara yang mengalir adalah ρ dengan kelajuan V maka

$$V = \sqrt{\frac{2gh\rho'}{\rho}}$$

Dengan

V = besar kecepatan aliran udara/gas (m/s)

ρ' = massa jenis zat cair dalam manometer (kg/m^3)

ρ = massa jenis udara/gas (kg/m^3)

h = selisih tinggi permukaan kolom zat cair dalam manometer (m)

Contoh Soal

Sebuah tabung pitot digunakan untuk mengukur kelajuan aliran gas oksigen yang mempunyai massa jenis $1,43 \text{ kg/m}^3$ dalam sebuah pipa. Jika perbedaan tinggi zat cair pada kedua kaki manometer adalah 5 cm dan massa jenis zat cair 13.600 kg/m^3 , hitunglah kelajuan aliran gas pada pipa tersebut !

Pembahasan

Diketahui :

$$\rho = 1,43$$

$$\text{kg/m}^3 \rho' = 13.600 \text{ kg/m}^3$$

$$g/h = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$$

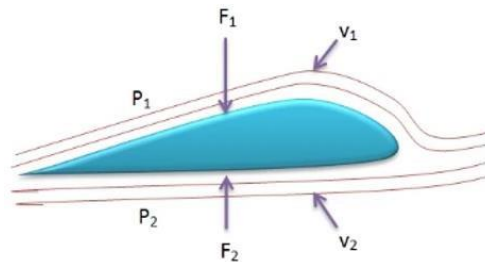
$$m g = 10 \text{ m/s}^2$$

Ditanyakan?

Jawab

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{\frac{2\rho'gh}{\rho}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot (13.600) \cdot (10) \cdot (0,05)}{1,43}} \\ &= 97,52 \text{ m/s} \end{aligned}$$

4. Sayap pesawat terbang



Gaya angkat pesawat diperoleh karena tekanan di bawah sayap lebih besar dari pada tekanan di atas sayap, hal itu disebabkan karena perbedaan bentuk sayap pesawat yang lebih melengkung di bagian bawah pesawat sehingga kecepatan di bagian bawah sayap lebih kecil dari pada di bagian atas sayap. Desain sayap pesawat yang berbentuk aerodinamik menyebabkan kelajuan udara di atas sayap v_1 lebih besar dari pada di bawah sayap v_2 , sehingga Dengan menggunakan Azas Bernoulli untuk sayap pesawat di bagian atas dan sayap pesawat di bagian bawah dimana tidak terdapat perbedaan ketinggian sehingga energi potensialnya sama-samanol, didapat:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2)$$

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

Dimana:

$$F_{\text{angkat}} = F_2 - F_1 = \text{gaya angkat pesawat (N)}$$

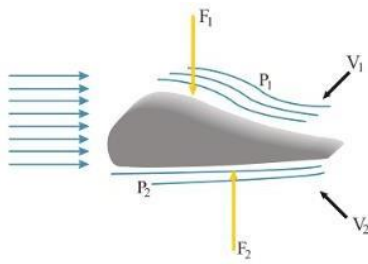
$$\rho = \text{massa jenis udara (kg/m}^3\text{)}$$

$$A = \text{luas sayap pesawat (m}^2\text{)}$$

$$v_1 = \text{kecepatan aliran udara di atas sayap (m/s)}$$

$$v_2 = \text{kecepatan aliran udara di bawah sayap (m/s)}$$

Contoh soal



Jika kecepatan aliran udara di bagian bawah sayap pesawat terbang 60 m/s, dan selisih tekanan atas dan bawah sayap 10 N/m, berapakah kecepatan aliran udara di bagian atas sayap pesawat? ($\rho_{\text{udara}} = 1,29 \text{ kg/m}^3$)

Pembahasan

Diketahui :

$$V_2 = 60 \text{ m/s}$$

$$P_2 - P_1 = 10 \text{ N/m}$$

Ditanyakan

$V_1 \dots ?$

Jawab

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

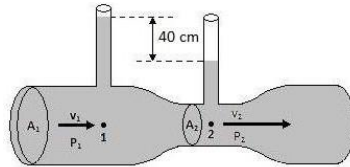
$$10 = \frac{1}{2} \cdot 1,29 (v_1^2 - 60^2)$$

$$\frac{20}{1,29} = v_1^2 - 60^2$$

$$V_1 = 60,13 \text{ m/s}$$

B. Latihan Soal

1. Sebuah tangki berisi air setinggi 11 m. Pada dinding tangki terdapat lubang kecil berjarak 1 m dari dasar tangki. Jika $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, berapakah kecepatan air yang keluar dari lubang?
2. Sebuah venturimeter memiliki luas penampang besar 18 cm^2 dan luas penampang kecil 6 cm^2 . Alat ini digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air. Jika perbedaan ketinggian air seperti ditunjukkan pada gambar, hitunglah



kecepatan aliran air di penampang besar dan penampang kecil!

3. Perbedaan ketinggian rakspada bagian mano meter tabung pitot 2 cm. Jika massa jenis udara/gas yang masuk ke dalam tabung 1,98, berapakah kecepatan aliran udara/gas tersebut? ($\rho_{\text{raksa}} = 13.600 \text{ kg/m}^3$)
4. Perbedaan tekanan udara antara atas dan bawah pesawat 20 N/m^2 . Jika kecepatan aliran udara di bawah sayap 70 m/s , berapakah kecepatan aliran udara di atas sayap pesawat? ($\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$)

Pembahasan
soal no1

Diketahui:

$$h_1 = 11 \text{ m}$$

$$h_2 = 1 \text{ m}$$

Ditanyakan

$$V = \dots?$$

Jawab

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \\ &= \sqrt{2 \cdot 9,8(11 - 1)} \\ &= \sqrt{196} \\ &= 14 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Soal no2

Diketahui

$$A_1 = 18 \text{ cm}^2 = 18 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 6 \text{ cm}^2 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$h = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

Ditanyakan

$$V_1 \text{ dan } V_2 \dots?$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 0,4}{\left(\frac{18 \cdot 10^{-4}}{6 \cdot 10^{-4}}\right)^2 - 1}} \\ &= \sqrt{8} \\ &= 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Pembahasan soal no 3

Diketahui:

$$h = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$\rho = 1,98 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho' = 13.600 \text{ kg/m}^3$$

Ditanyakan

$$V_1 = \text{..?}$$

$$V = \sqrt{\frac{2gh\rho'}{\rho}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 10,0 \cdot 0,02 \cdot 13.600}{1,98}}$$

$$= \sqrt{2.747,47}$$

$$= 52,42 \text{ m/s}$$

Pembahasan soal no 4

Diketahui:

$$P_2 - P_1 = 20 \text{ N/m}$$

$$V_2 = 70 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

Ditanyakan

$$V_1 = \dots ?$$

$$P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho \cdot (v_1^2 - v_2^2)$$

$$20 = \frac{1}{2} \cdot 1,29 \cdot (v_1^2 - 70^2)$$

$$31,008 = v_1^2 - 4900$$

$$V_1 = 70,22 \text{ m/s}$$