



**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**



DINAMIKA FLUIDA

Oleh: Aulia Siti Aisjah
Tutug Dhanardono

OUT LINE

Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Dinamika Fluida

Hukum Bernoulli



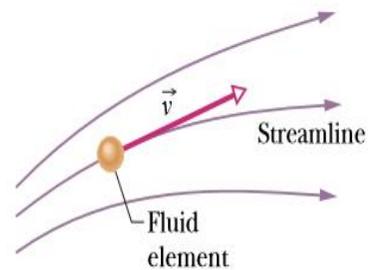
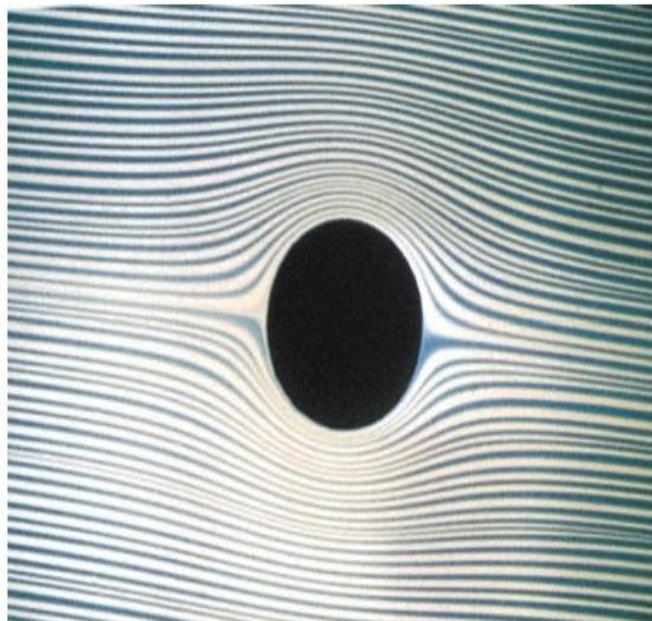


Fig. 14-14 A fluid element traces out a streamline as it moves. The velocity vector of the element is tangent to the streamline at every point.

Perhatikan Gambar di atas dan di samping
Aliran fluida di sekitar pipa dan asap rokok membentuk pola
Pola tersebut dikatakan sebagai:

- Laminar (fluida di sekitar pipa)
- Turbulen (asap rokok)



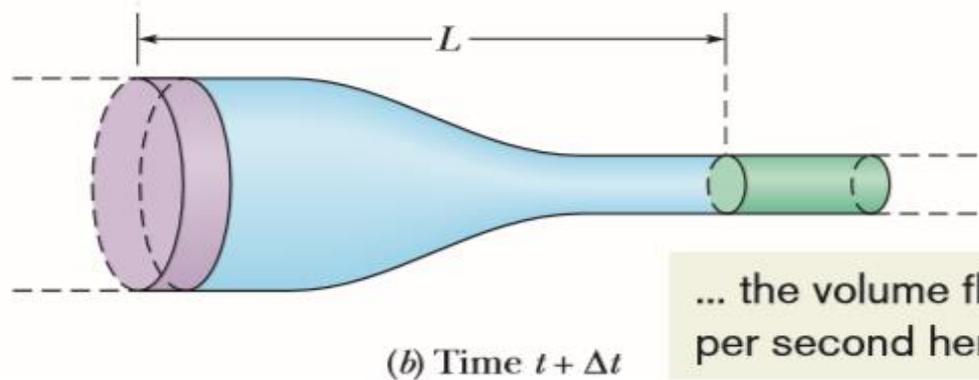
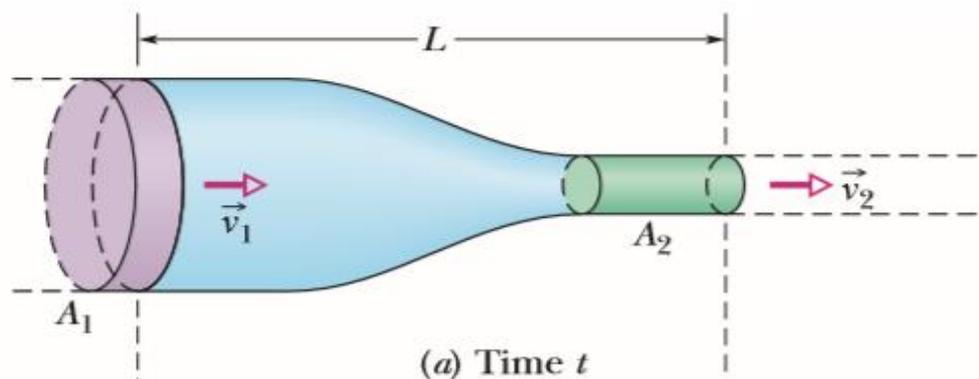
Fig. 14-12 At a certain point, the rising flow of smoke and heated gas changes from steady to turbulent.
(Will McIntyre/Photo Researchers)

Sumber: Holiday & Resnick, Physics





The volume flow per second here must match ...

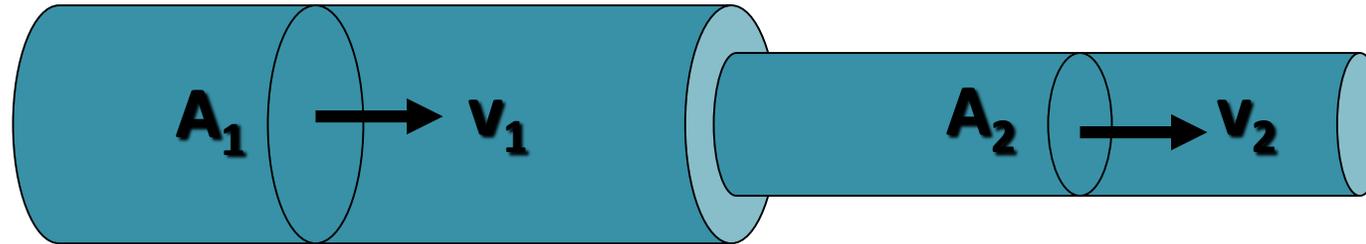


... the volume flow per second here.





PERSAMAAN KONTINUITAS



Jika fluida bersifat tak kompresibel, maka besarnya volume fluida yang lewat penampang A_1 dan A_2 persatuan waktu adalah sama besar, yaitu :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

atau $A v = \text{konstan}$

Persamaan di atas disebut sebagai ***persamaan kontinuitas*** untuk aliran yang mantap dan tak kompresibel.

Karena Av konstan maka debit fluida yang mengalir di dalam suatu pipa adalah konstan, jumlahnya tidak berubah. Jadi debit fluida adalah kontinu (berkesinambungan) atau harganya dimana-mana selalu sama

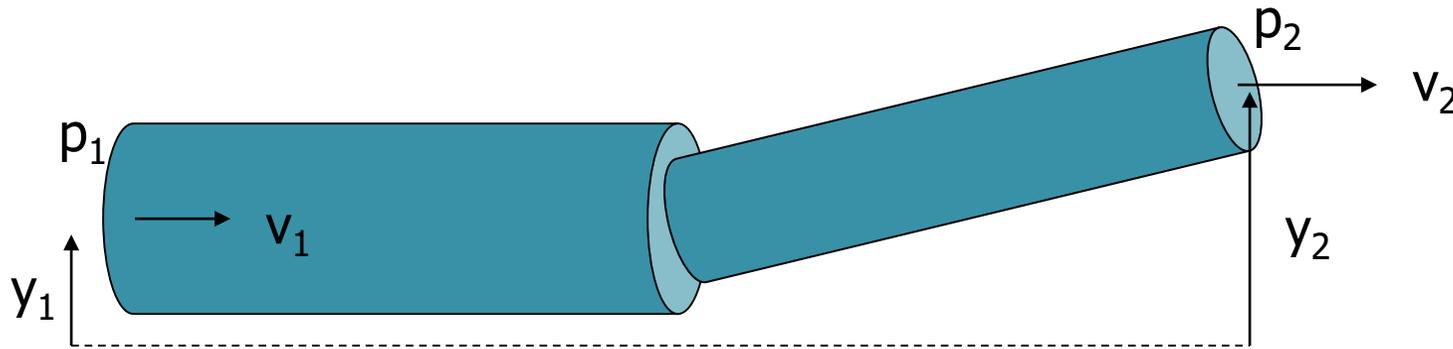
Besaran ***Av dinamakan debit***, dan disimbulkan dengan Q yang mempunyai satuan m^3/dt atau cm^3/dt .

$$Q = A v$$





PERSAMAAN BERNOULLI



P = tekanan, v = kecepatan, y = ketinggian

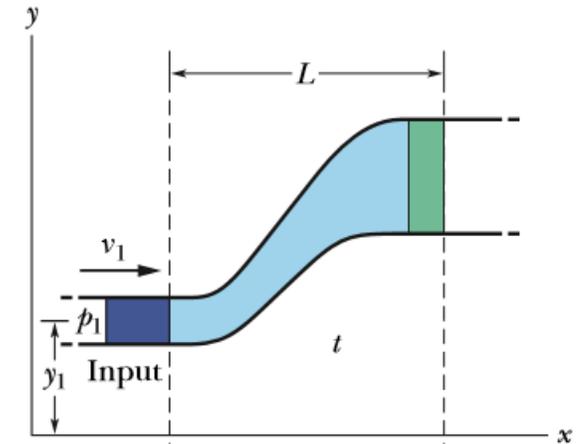
Persamaan Bernoulli dituliskan sebagai :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

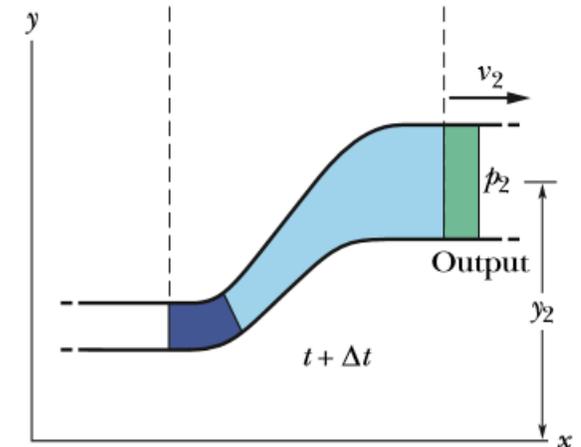
atau

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g y = \text{konstan}$$

Persamaan ini mempunyai arti fisis bahwa jumlah ketiga komponen dalam persamaan tersebut adalah selalu tetap, artinya bila salah satu komponen berubah, maka kedua komponen lainnya akan berubah.



(a)



(b)





A water stream narrows as it falls

Figure 14-18 shows how the stream of water emerging from a faucet “necks down” as it falls. This change in the horizontal cross-sectional area is characteristic of any laminar (non-turbulent) falling stream because the gravitational force increases the speed of the stream. Here the indicated cross-sectional areas are $A_0 = 1.2 \text{ cm}^2$ and $A = 0.35 \text{ cm}^2$. The two levels are separated by a vertical distance $h = 45 \text{ mm}$. What is the volume flow rate from the tap?

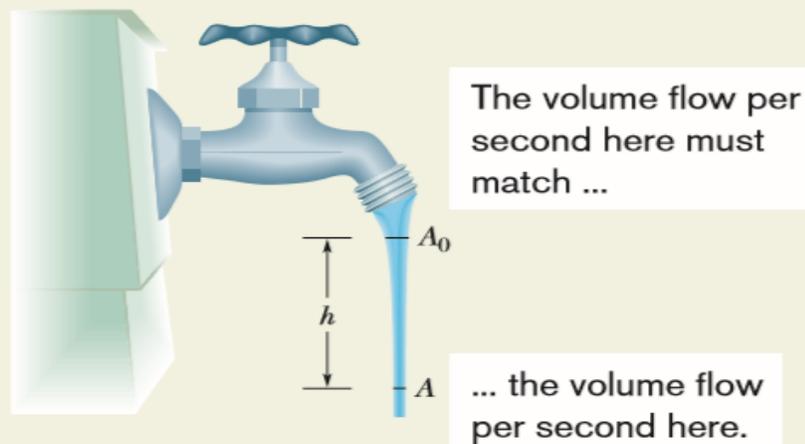


Fig. 14-18 As water falls from a tap, its speed increases. Because the volume flow rate must be the same at all horizontal cross sections of the stream, the stream must “neck down” (narrow).

KEY IDEA

The volume flow rate through the higher cross section must be the same as that through the lower cross section.

Calculations: From Eq. 14-24, we have

$$A_0 v_0 = A v, \quad (14-26)$$

where v_0 and v are the water speeds at the levels corresponding to A_0 and A . From Eq. 2-16 we can also write, because the water is falling freely with acceleration g ,

$$v^2 = v_0^2 + 2gh. \quad (14-27)$$

Eliminating v between Eqs. 14-26 and 14-27 and solving for v_0 , we obtain

$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{\frac{2ghA^2}{A_0^2 - A^2}} \\ &= \sqrt{\frac{(2)(9.8 \text{ m/s}^2)(0.045 \text{ m})(0.35 \text{ cm}^2)^2}{(1.2 \text{ cm}^2)^2 - (0.35 \text{ cm}^2)^2}} \\ &= 0.286 \text{ m/s} = 28.6 \text{ cm/s}. \end{aligned}$$

From Eq. 14-24, the volume flow rate R_V is then

$$\begin{aligned} R_V &= A_0 v_0 = (1.2 \text{ cm}^2)(28.6 \text{ cm/s}) \\ &= 34 \text{ cm}^3/\text{s}. \end{aligned} \quad (\text{Answer})$$





CONTOH SOAL :

Sebuah Penginapan bertingkat tiga menggunakan pompa untuk mendistribusikan air di setiap kamar mandi pada setiap tingkat.

Jika air dipompa dengan tekanan 2,5 atm dari lantai dasar, dengan kelajuan 0,75 m/det, pada pipa yang berdiameter 4 cm, berapa laju aliran dan tekanan pada keran dengan diameter 2 cm di kamar mandi lantai tiga yang tingginya 7 m.

Penyelesaian :

Persamaan Bernoulli :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

dengan besaran yang diketahui :

$$p_1 = 2,5 \text{ atm} = 2,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2.$$

$$v_1 = 0,75 \text{ m/det.}$$

$$y_1 = 0 \text{ (di lantai dasar).}$$

$$D_1 = 4 \text{ cm sehingga } A_1 = \pi(D_1/2)^2 = \pi (4 \cdot 10^{-2}/2)^2 \text{ m}^2 \\ = 12,56 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D_2 = 2 \text{ cm sehingga } A_2 = \pi(D_2/2)^2 = \pi (2 \cdot 10^{-2}/2)^2 \\ = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$y_2 = 7 \text{ m}$$





Contoh Soal

Menghitung v_2 dari persamaan kontinuitas : $A_1 v_1 = A_2 v_2$
atau $v_2 = v_1 A_1/A_2 = 0,75 \cdot 12,56 \cdot 10^{-4}/3,14 \cdot 10^{-4} = 3 \text{ m/det.}$

Menghitung tekanan dari persamaan Bernoulli :

$$\begin{aligned} p_2 &= p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) - \rho g y_2 \\ &= 2,5 \cdot 10^5 + \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 10^3 (0,75^2 - 3^2) - 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 7 \\ &= 1,76 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\ &= 1,76 \text{ atm.} \end{aligned}$$

Jadi kelajuan di keran kamar mandi lantai tiga 3 m/det. dan tekanannya adalah 1,76 atm





The horizontal constricted pipe illustrated in Figure 14.20, known as a *Venturi tube*, can be used to measure the flow speed of an incompressible fluid. Determine the flow speed at point 2 if the pressure difference $P_1 - P_2$ is known.

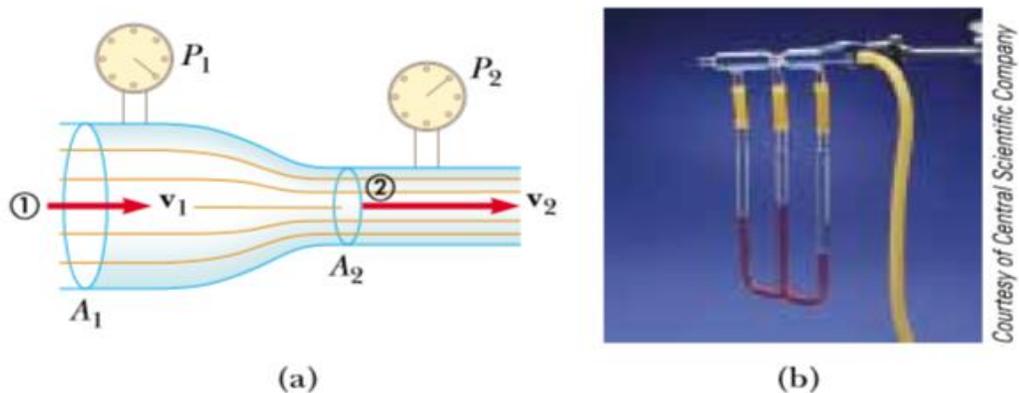


Figure 14.20 (Example 14.9) (a) Pressure P_1 is greater than pressure P_2 because $v_1 < v_2$. This device can be used to measure the speed of fluid flow. (b) A Venturi tube, located at the top of the photograph. The higher level of fluid in the middle column shows that the pressure at the top of the column, which is in the constricted region of the Venturi tube, is lower.

Sumber: Serway, *Physics for Scientists and Engineers*

Solution Because the pipe is horizontal, $y_1 = y_2$, and applying Equation 14.8 to points 1 and 2 gives

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

From the equation of continuity, $A_1 v_1 = A_2 v_2$, we find that

$$(2) \quad v_1 = \frac{A_2}{A_1} v_2$$

Substituting this expression into Equation (1) gives

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 v_2^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

$$v_2 = A_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}}$$

We can use this result and the continuity equation to obtain an expression for v_1 . Because $A_2 < A_1$, Equation (2) shows us that $v_2 > v_1$. This result, together with Equation (1), indicates that $P_1 > P_2$. In other words, the pressure is reduced in the constricted part of the pipe.



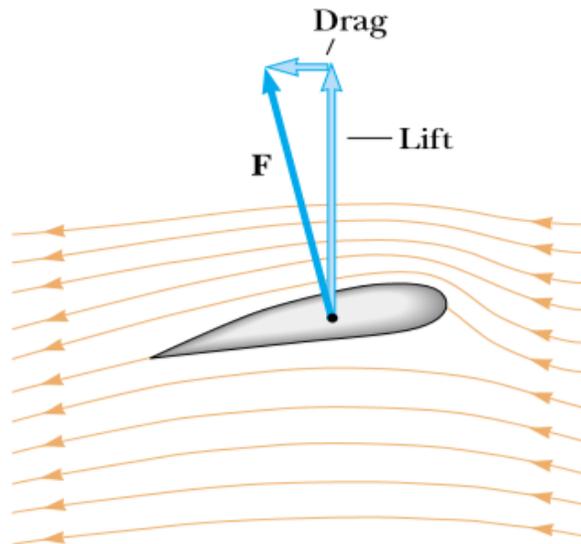


Figure 14.22 Streamline flow around a moving airplane wing. The air approaching from the right is deflected downward by the wing. By Newton's third law, this must coincide with an upward force on the wing from the air—*lift*. Because of air resistance, there is also a force opposite the velocity of the wing—*drag*.

Gaya angkat pada sayap pesawat dan gaya drag – gaya yang berlawanan dengan arah gerakan pesawat, ini diakibatkan oleh gesekan udara di sekitar sayap
Perhatikan bentuk pola aliran udara di sekitar sayap





PEMAKAIAN PERSAMAAN BERNOULLI : TEKANAN di DALAM FLUIDA STATIK

Persamaan Bernoulli :

$$p_1 + \rho g y_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g y_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Karena kecepatan fluida sama dengan nol, maka persamaan Bernoulli menjadi :

$$p_1 + \rho g y_1 = p_2 + \rho g y_2$$

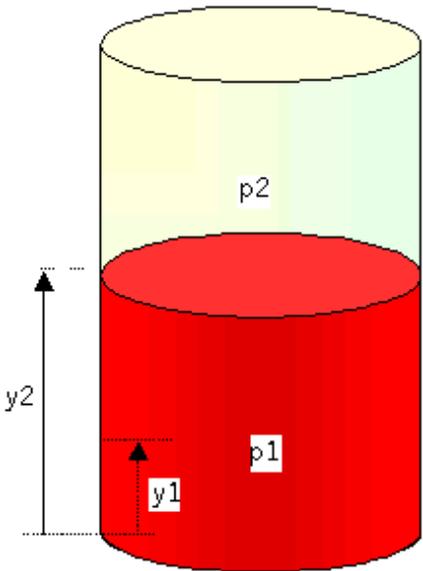
Tekanan p_1 adalah tekanan pada suatu tempat di dalam fluida dengan ketinggian y_1 , sedangkan p_2 tekanan pada permukaan fluida dengan ketinggian y_2 .

Dengan demikian,

$$p_1 = p_2 + \rho g (y_2 - y_1)$$

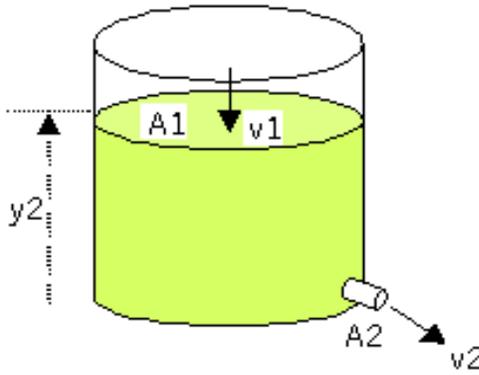
bila $h = y_2 - y_1 =$ kedalaman yang diukur dari permukaan fluida

maka : $p_1 = p_2 + \rho g h$ seperti pada statika fluida





PEMAKAIAN PERSAMAAN BERNOULLI : TEOREMA TORRICELLI



Persamaan Bernoulli adalah :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2$$

dalam hal ini ketinggian $y_1 = 0$, sedangkan tekanan pada lobang sama dengan tekanan pada permukaan fluida, $p_1 = p_2$, sehingga persamaan tersebut dapat ditulis

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) = \rho g (y_2 - y_1)$$

$$(v_2^2 - v_1^2) = 2 g h \quad \text{.....(a)}$$

Fluida mengalir ke bawah melalui lobang kecil, maka menurut persamaan kontinuitas :

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Jika perbandingan luas $A_1 \gg A_2$, maka $v_2 \gg v_1$, sehingga pada persamaan (a) v_1 dapat diabaikan terhadap v_2 , dan diperoleh :

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

Dengan penemuan ini maka kecepatan fluida melalui lobang kecil pada dasar bejana yang besar di kedalaman h dapat ditentukan.





PEMAKAIAN PERSAMAAN BERNOULLI : ALAT UKUR VENTURI

Alat ukur Venturi banyak digunakan di dalam suatu industri untuk keperluan mengukur kecepatan aliran fluida cair di dalam pipa.

Untuk titik 1 dan 2 dengan ketinggian yang sama, maka persamaan Bernoulli dapat ditulis :

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

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

Karena pada kedua pipa vertikal yang kecil fluida diam, maka berlaku

$$p_1 = p_0 + \rho g y_1$$

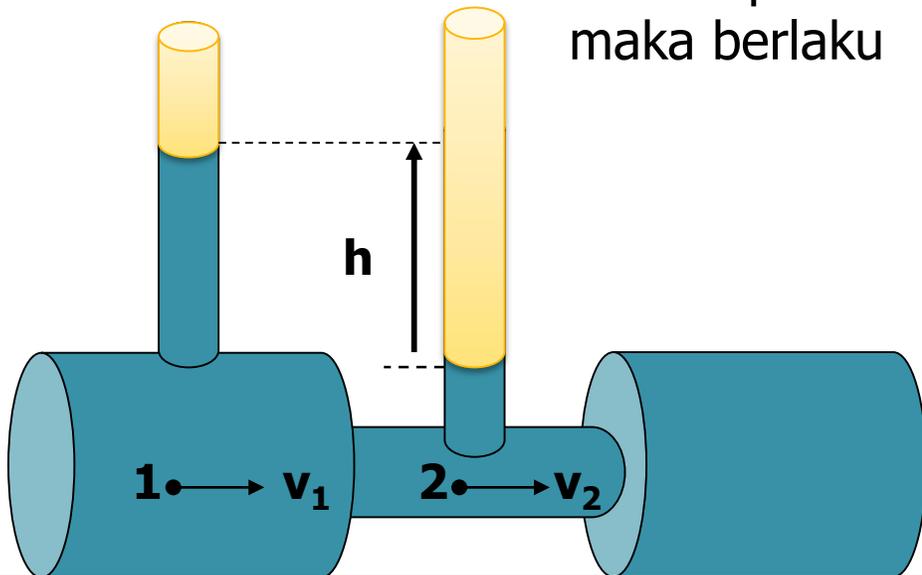
$$p_2 = p_0 + \rho g y_2$$

dari kedua persamaan tsb diperoleh

$$p_1 - p_2 = \rho g (y_1 - y_2) = \rho g h$$

Persamaan (a) menjadi :

$$\rho g h + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \dots(b)$$





Dari persamaan kontinuitas, $A_1 v_1 = A_2 v_2$
atau

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

Bila dimasukkan dalam persamaan (b) diperoleh :

$$2gh = \left[\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right] v_1^2 = \left[\frac{A_1^2 - A_2^2}{A_2^2} \right] v_1^2$$

Sehingga

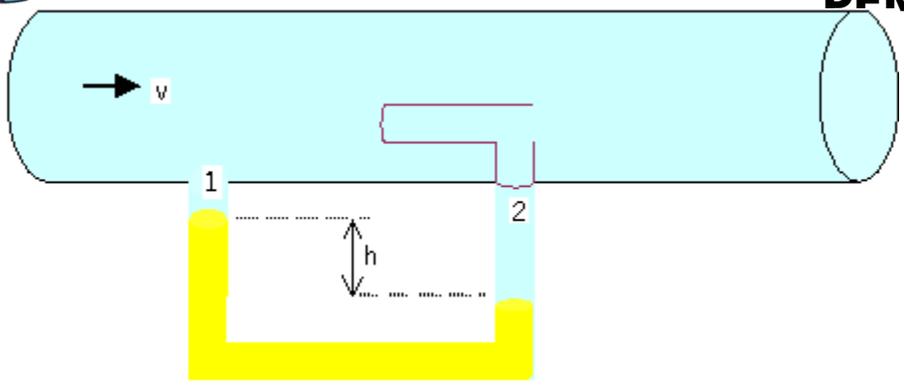
$$v_1 = A_2 \sqrt{\frac{2gh}{A_1^2 - A_2^2}}$$

Dalam industri, diameter pipa besar horizontal, A_1 , dan diameter pipa kecil horizontal, A_2 telah diketahui dengan sengaja pada saat perancangan sistem. Jadi dengan mengetahui atau mengukur perbedaan tinggi fluida di kedua pipa vertikal, maka kecepatan fluida di dalam pipa besar dapat diketahui.





PEMAKAIAN PERSAMAAN BERNOULLI : TABUNG PITOT



Untuk mengukur kecepatan aliran fluida gas di dalam pipa digunakan Tabung PITOT

Kalau massa jenis gas ρ mengalir di dalam pipa dengan kecepatan v , maka pada titik 1 dan 2 persamaan Bernoulli dapat dituliskan :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g (y_2 - y_1)$$

dengan $y_2 - y_1 = 0$ (karena sama tinggi) dan $v_2 = 0$ (karena tidak ada gas mengalir melewati titik ini, gas diam), sedangkan $v_1 = v =$ kecepatan aliran gas, maka

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_2$$

Dari hubungan statika fluida di dalam pipa U

$$p_2 = p_1 + \rho_c g h$$

dengan ρ_c adalah rapat massa zat cair, dan h adalah beda ketinggian permukaan, maka diperoleh :

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_1 + \rho_c g h$$

$$v^2 = \frac{2 \rho_c g h}{\rho}$$

atau

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_c g h}{\rho}}$$





Kerjakan secara mandiri

••20 The L-shaped tank shown in Fig. 14-33 is filled with water and is open at the top. If $d = 5.0$ m, what is the force due to the water (a) on face A and (b) on face B ?

••21 **SSM** Two identical cylindrical vessels with their bases at the same level each contain a liquid of density 1.30×10^3 kg/m³. The area of each base is 4.00 cm², but in one vessel the liquid height is 0.854 m and in the other it is 1.560 m. Find the work done by the gravitational force in equalizing the levels when the two vessels are connected.

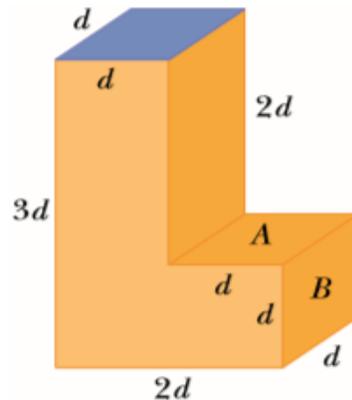


Fig. 14-33
Problem 20.

sec. 14-5 Measuring Pressure

•25 In one observation, the column in a mercury barometer (as is shown in Fig. 14-5a) has a measured height h of 740.35 mm. The temperature is -5.0°C , at which temperature the density of mercury ρ is 1.3608×10^4 kg/m³. The free-fall acceleration g at the site of the barometer is 9.7835 m/s². What is the atmospheric pressure at that site in pascals and in torr (which is the common unit for barometer readings)?

•26 To suck lemonade of density 1000 kg/m³ up a straw to a maximum height of 4.0 cm, what minimum gauge pressure (in atmospheres) must you produce in your lungs?





Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Sekian dan Terimakasih

CONTOH SOAL

