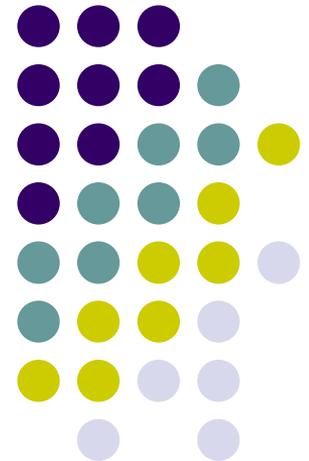


# DINAMIKA FLUIDA

---

[nurhidayah@unja.ac.id](mailto:nurhidayah@unja.ac.id)

nurhidayah.staff.unja.ac.id

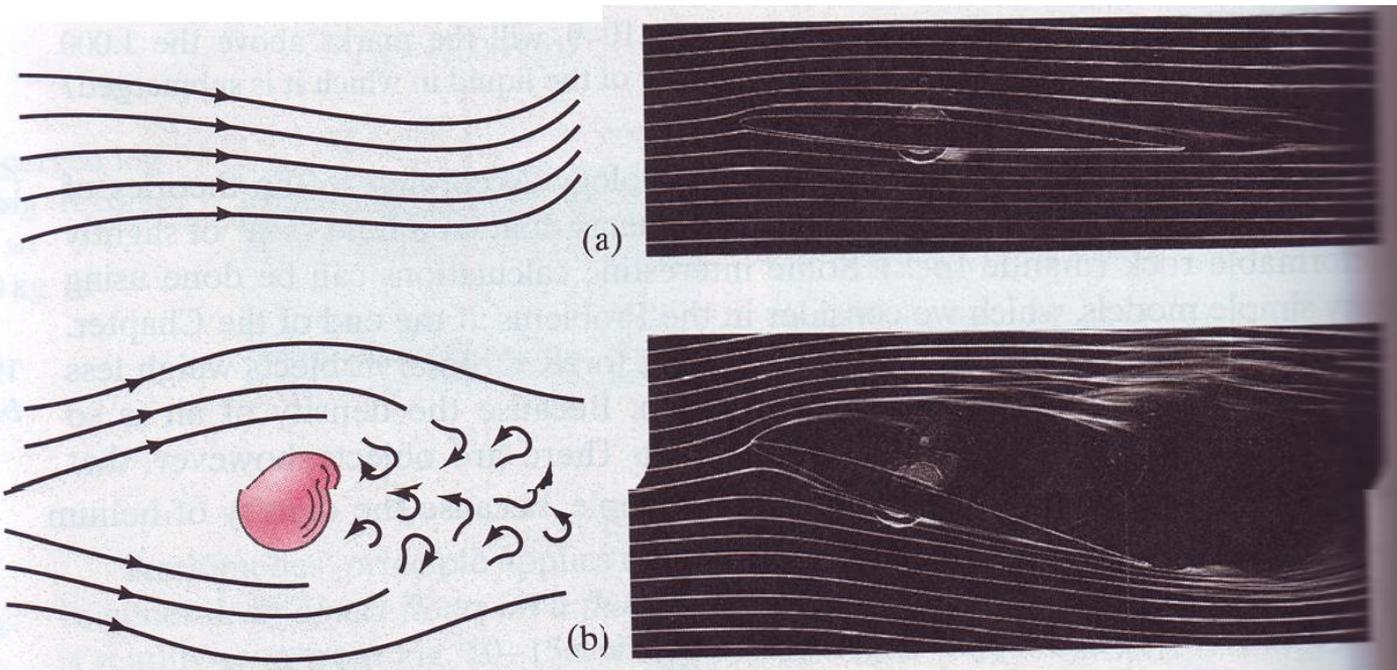
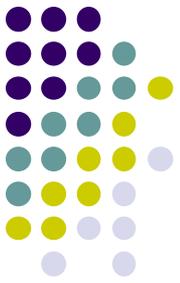


Fluida adalah zat alir, sehingga memiliki kemampuan untuk mengalir.

Ada dua jenis aliran fluida : laminar dan turbulensi

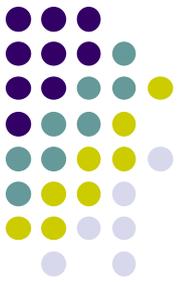
**Aliran laminar** adalah jenis aliran dimana fluida mengalir secara teratur, lambat dan “searah”.

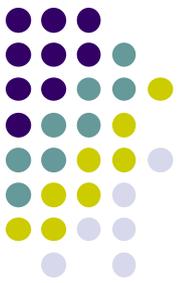
**Aliran turbulensi** adalah jenis aliran dimana fluida mengalir secara tidak teratur, cepat dan “tidak terarah”.



Asumsi yang digunakan :

1. Alirannya non turbulen
2. Keadaan tunak (steady state)
3. Mengalir tanpa disipasi energi
4. Nonviskos (tak kental)
5. Inkompresibel (kepadatan konstan di seluruh bagian fluida itu).





# PERSAMAAN KONTINUITAS

- Apabila suatu fluida mengalir dalam sebuah pipa dengan luas penampang  $A$  dan kecepatan aliran fluidanya  $v$ , maka banyaknya fluida (volum) yang mengalir melalui penampang tersebut tiap satuan waktu dinamakan debit.

Dalam bentuk persamaan debit dinyatakan sebagai berikut:

$$Q = A v$$

dan

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

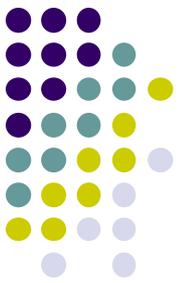
Keterangan:

$Q$  = debit aliran fluida ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  = volume fluida yang mengalir ( $\text{m}^3$ )

$t$  = waktu (s)

$v$  = kecepatan aliran fluida (m/s)



Contoh:

Air mengalir keluar dari keran ditampung dengan ember. Setelah satu menit ternyata jumlah air yang tertampung adalah 20 L. Jika diameter penampang keran adalah 1 cm, berapakah laju aliran fluida dalam pipa keran?

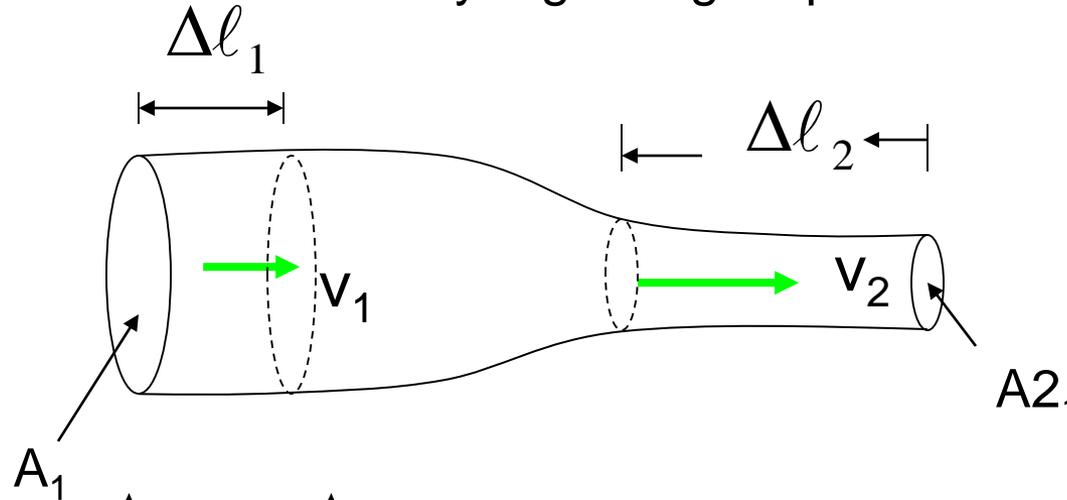
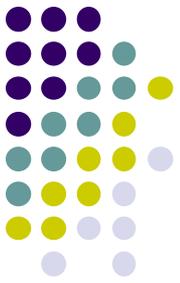
Penyelesaian:

$$Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0,02}{60} = 0,00033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times (5 \times 10^{-3})^2 = 7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2.$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00033}{7,85 \times 10^{-5}} = 4,2 \text{ m/s}$$

Pandang fluida yang mengalir dalam pipa yang diameternya berbeda. Fluida mengalir dengan laju air massa =  $\Delta m/\Delta t$ , yaitu jumlah massa fluida yang mengalir persatuan waktu.



$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t}$$

$$\frac{\rho_1 \Delta V_1}{\Delta t} = \frac{\rho_2 \Delta V_2}{\Delta t}$$

$$\frac{\rho_1 A_1 \Delta l_1}{\Delta t} = \frac{\rho_2 A_2 \Delta l_2}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta l}{\Delta t} = v$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$

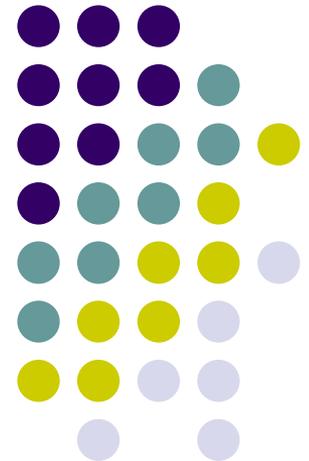
Persamaan kontinuitas

Jika fluidanya tidak dapat dikompres (massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan), maka  $\rho_1 = \rho_2$ , sehingga :

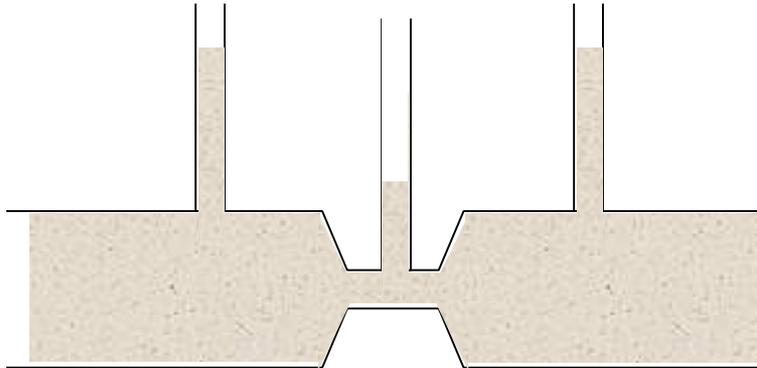
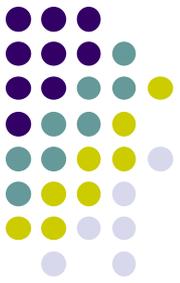
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

---

# PERSAMAAN BERNOULLI



# AZAS BERNOULLI



Tekanan fluida di tempat yang kecepataannya besar lebih kecil daripada tekanan fluida di tempat yang kecepatan-nya kecil.

Persamaan bernoulli

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

Keterangan:

$p$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$ )

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

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$h$  = ketinggian fluida dari titik acuan (m)

$v$  = kecepatan fluida (m/s)

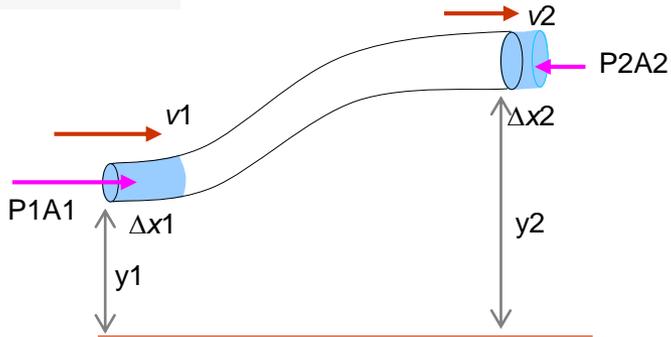
Penurunan pers. Bernoulli utk aliran sepanjang garis arus didasarkan pada hukum Newton II utk gerak  $F = M a$

# PERSAMAAN BERNOULLI

## kekekalan energi pada gerak fluida



Daniel Bernoulli



Teorema Usaha - Energi :

$$W = K + U$$

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

$$(P_1 - P_2)\Delta V = \frac{1}{2}(\Delta m)v_2^2 - \frac{1}{2}(\Delta m)v_1^2 + \Delta mgy_2 - \Delta mgy_1$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_2 - \rho gy_1$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gy_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gy_2$$

**Persamaan Bernoulli**

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gy = \text{konstan}$$

$$\begin{aligned}
 W_1 &= F_1\Delta x_1 \\
 &= P_1A_1\Delta x_1 \\
 &= P_1\Delta V \\
 W_2 &= -F_2\Delta x_2 \\
 &= -P_2A_2\Delta x_2 \\
 &= -P_2\Delta V
 \end{aligned}$$

Usaha total :

$$W = (P_1 - P_2)\Delta V$$

Perubahan energi kinetik :

$$\Delta K = \frac{1}{2}(\Delta m)v_2^2 - \frac{1}{2}(\Delta m)v_1^2$$

Perubahan energi potensial :

$$\Delta U = \Delta mgy_2 - \Delta mgy_1$$

- A1 : luas penampang pipa 1
- A2 : Luas penampang pipa 2
- v1 : kelajuan fluida di titik 1
- v2 : kelajuan fluida di titik 2
- y1 : ketinggian pipa 1
- y2 : ketinggian pipa 2



# AZAS BERNOULLI

Terdapat dua kasus istimewa berkenaan dengan persamaan Bernoulli.

1. Fluida diam atau tidak mengalir ( $v_1 = v_2 = 0$ )

$$p_1 - p_2 = \rho g (h_2 - h_1)$$

Persamaan ini menyatakan tekanan hidrostatik dalam zat cair pada kedalaman tertentu.

Keterangan:

$p_1$  dan  $p_2$  = tekanan pada titik 1 dan 2 ( $\text{N/m}^2$ )

$h_1$  dan  $h_2$  = tinggi tempat 1 dan 2 (m)

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

$g$  = gravitasional acceleration ( $\text{m/s}^2$ )



# AZAS BERNOULLI

2. Fluida mengalir pada pipa horisontal ( $h_1 = h_2 = h$ )

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

Persamaan ini menyatakan jika  $v_2 > v_1$ , maka  $p_1 > p_2$  yang berarti jika kecepatan aliran fluida disuatu tempat besar maka tekanan fluida di tempat tersebut kecil dan berlaku sebaliknya.

Keterangan:

$p_1$  dan  $p_2$  = tekanan pada titik 1 dan 2 ( $\text{N/m}^2$ )

$v_1$  dan  $v_2$  = kecepatan pada 1 dan 2 ( $\text{m/s}$ )

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

$g$  = gravitasional acceleration ( $\text{m/s}^2$ )

# KASUS ISTIMEWA



## UNTUK FLUIDA TAK MENGALIR

$$v_1 = v_2 = 0 \longrightarrow P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho 0 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho 0$$

$$P_1 + \rho gh_1 = P_2 + \rho gh_2$$

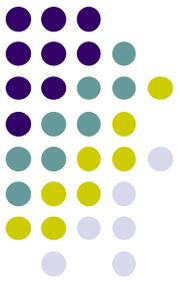
$$P_1 - P_2 = \rho g(h_2 - h_1)$$

## UNTUK FLUIDA YANG MENGALIR PADA PIPA HORIZONTAL

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

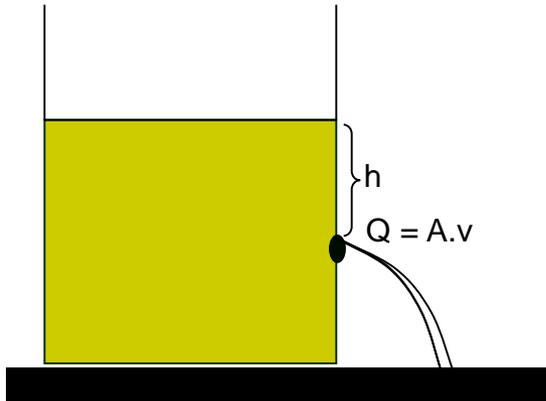
$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$$





# PENERAPAN AZAS BERNOULI

Menentukan kecepatan dan debit semburan air pada tangki yang berlubang



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

$$Q = A\sqrt{2gh}$$

Keterangan:

Q = aliran debit  $\text{m}^3/\text{s}$

v = kecepatan semburan air pada pada bocoran itu  $\text{m/s}$

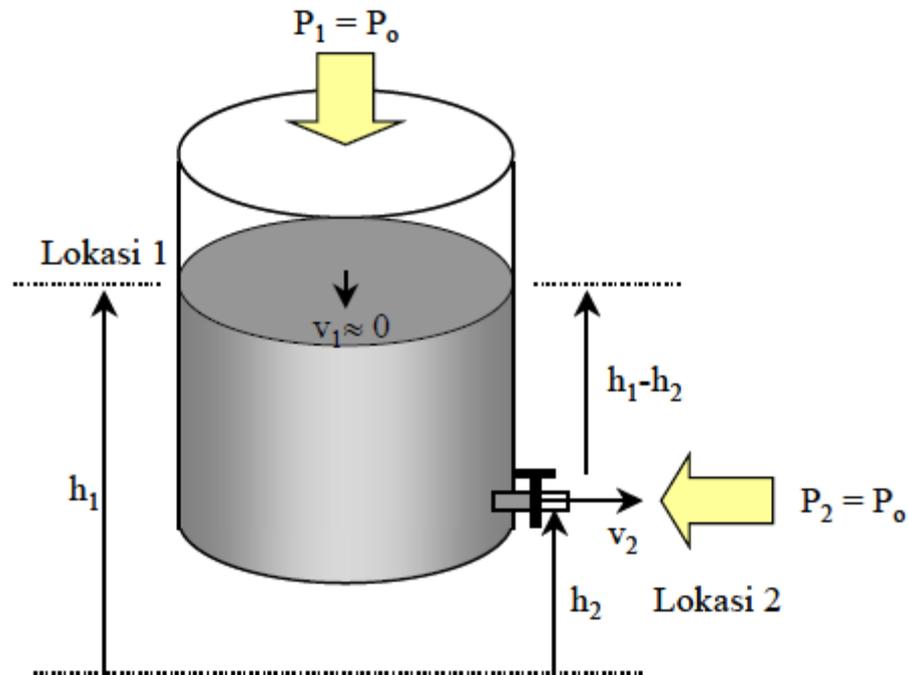
h = tinggi air di atas lubang  $\text{m}$

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

A = luas panampang lubang bocoran  $\text{m}^2$

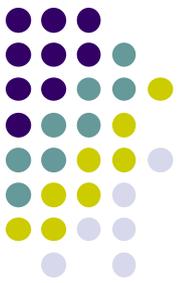


# MENENTUKAN KECEPATAN ALIR PADA DINDING TABUNG (TEOREMA TORRICELLI)



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

$$P_1 = P_2 = P_o = 1 \text{ atm.}$$



$$P_o + 0 + \rho gh_1 = P_o + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2$$

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

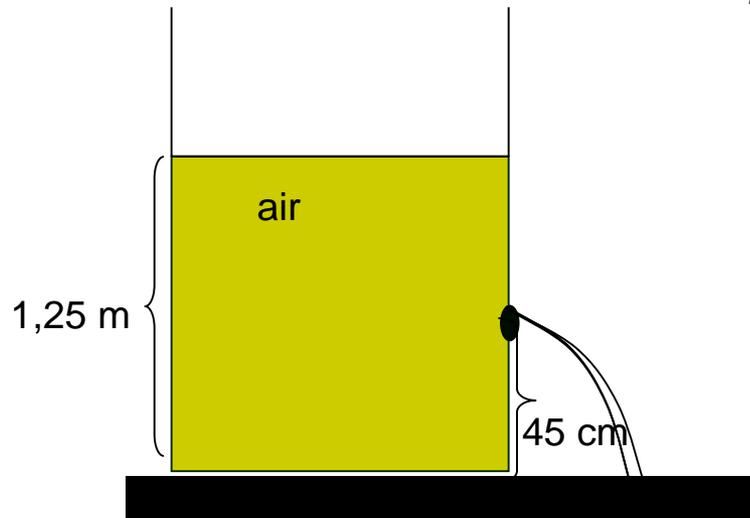
$$v_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$$



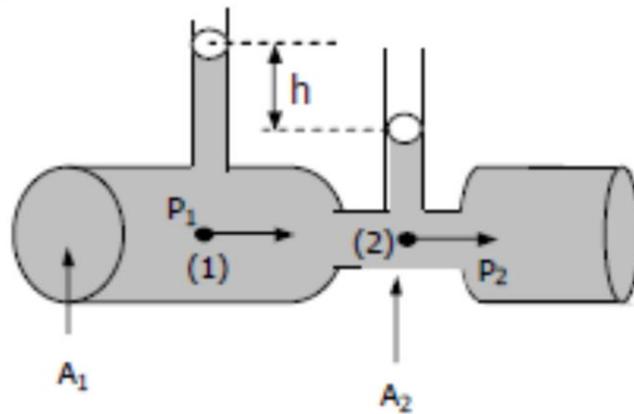
### Contoh :

Sebuah tangki berisi air setinggi 1,25 m. Pada tangki terdapat lubang kebocoran 45 cm dari dasar tangki. Berapa jauh tempat jatuhnya air diukur dari tangki ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )?

*Lintasan air merupakan bagian dari gerak parabola dengan sudut  $\alpha = 0$  ( $v_0$  arah mendatar)*

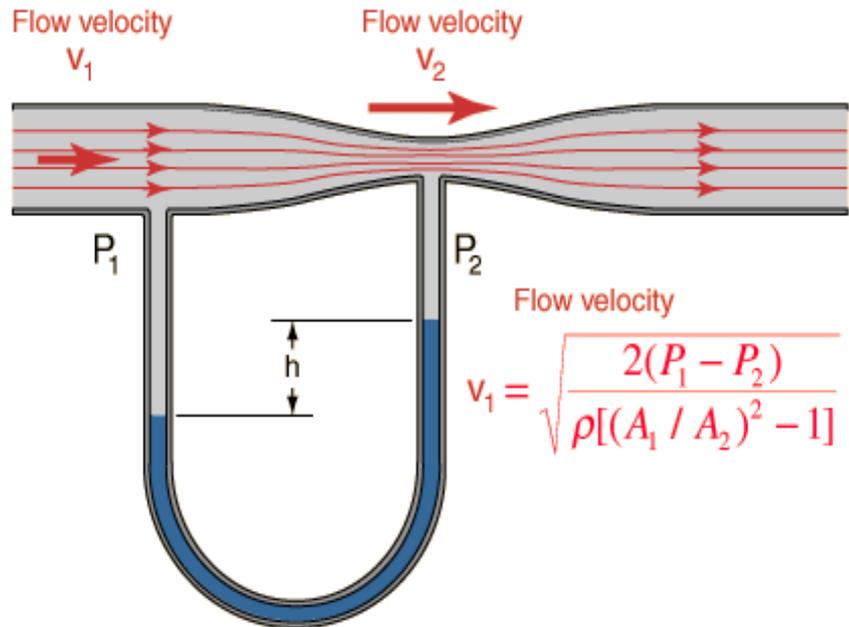
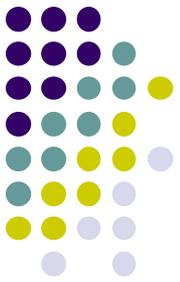


# Contoh: Tabung Venturi



- Tabung Venturi adalah sebuah pipa yang mempunyai bagian yang menyempit.
- Sebagai contoh Tabung Venturi yaitu Venturimeter, yaitu alat yang dipasang di dalam suatu pipa yang berisi fluida mengalir, biasanya digunakan untuk mengukur kecepatan aliran fluida.

# Venturimeter



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

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho[(A_1 / A_2)^2 - 1]}}$$

Keterangan:

$p_1$  = tekanan pada titik 1  $\text{N/m}^2$

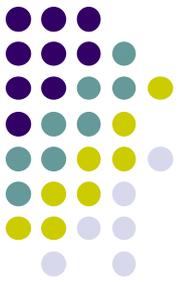
$p_2$  = tekanan pada titik 2  $\text{N/m}^2$

$\rho$  = massa jenis fluida  $\text{kg/m}^3$

$v_1$  = kecepatan fluida pada titik 1  $\text{m/s}$

$A_1$  = luas penampang 1  $\text{m}^2$

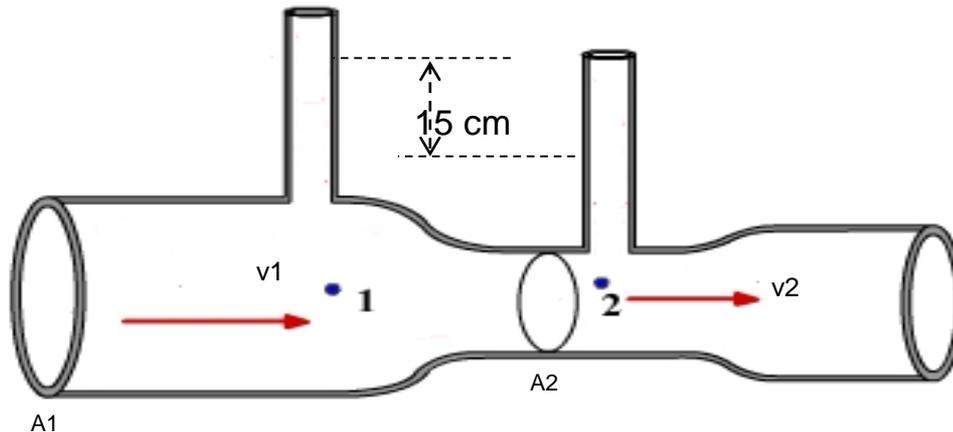
$A_2$  = luas penampang 2  $\text{m}^2$



## Contoh

Sebuah venturimeter memiliki luas penampang besar  $10 \text{ cm}^2$  dan luas penampang kecil  $5 \text{ cm}^2$  digunakan untuk mengukur kecepatan aliran air. Jika perbedaan ketinggian permukaan air 15 cm.

Hitunglah aliran air dipenampang besar dan penampang kecil ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )?



# Viskositas

Besaran yang menggambarkan adanya gesekan antar partikel dalam fluida.



## ● PENGUKURAN VISKOSITAS

Fluida diletakkan di antara dua keping kaca, dan mempunyai gaya geser  $F$  :

$$F = \frac{VA}{d} \eta \quad \text{atau:} \quad \eta = \frac{F/A}{V/d}$$

$A$  = luas keping

$V$  = kecepatan

$d$  = jarak antara 2 keping

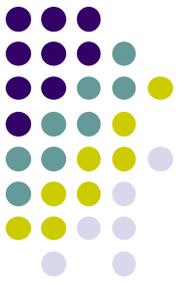
$V/d$  = gradien kecepatan

Satuan : 1 poise = 1 dyne sec.  $\text{Cm}^{-2}$



Tabel 11.1 Koefisien viskositas beberapa jenis fluida

<b>Fluida</b>	<b>Suhu, °C</b>	<b>Koefisien viskositas, <math>\eta</math>, Poise</b>
Air	0	1,8
	20	1,0
	100	0,3
Etanol	20	1,2
Oli mesin (SAE 19)	30	200
Gliserin	20	830
Udara	20	0,018
Hidrogen	0	0,009
Uap air	100	0,013



## ● ALIRAN VISCOUS

Pengaruh kekentalan : kecepatan aliran fluida tidak sama di semua titik penampang

a. Kecepatan Aliran

$$V = \frac{(P_1 - P_2)}{4\eta L} (R^2 - r^2)$$

$P_1 - P_2$  = beda tekanan antara kedua ujung pipa

$L$  = panjang pipa

$R$  = jari-jari pipa

$r$  = jarak titik dari sumbu pipa

• **DEBIT ALIRAN**

$$Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8 \eta L}$$

**Persamaan Poiseuille**



$$\frac{V}{t} = \frac{\pi r^4 (P_1 - P_2)}{8\eta L}$$

$\eta$  = Viskousitas =  $10^{-3}$  Pa (air) = 3 – 4 .  $10^{-3}$  Pa (darah)

r = jari-jari pembuluh, L = Panjang

P = Tekanan, V = Volume, t = Waktu

Debit aliran fluida dipengaruhi oleh tahanan yang tergantung pd:

- Panjang pembuluh
- Diameter pembuluh
- Viskous / kekentalan zat cair (pada darah normal kekentalan 3.5 kali air)
- Tekanan