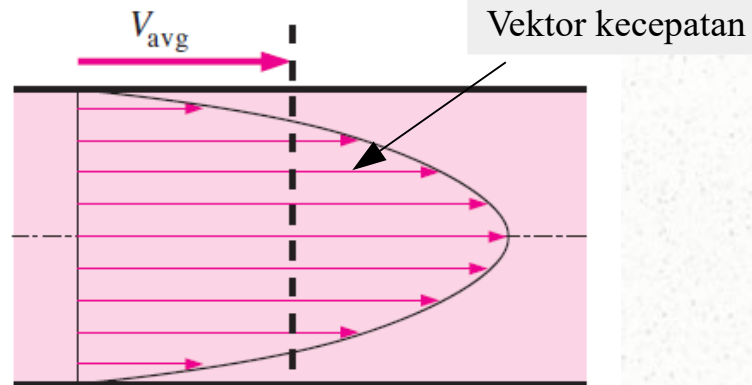


Distribusi Kecepatan Aliran di dalam Pipa

a. Distribusi Kecepatan pada Aliran Laminar

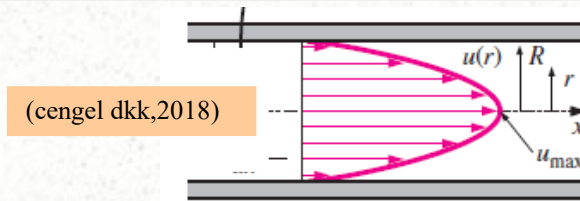
Pada fluida viskos aliran fluida di dalam pipa, pengaruh tegangan geser pada fluida akan mempengaruhi profil kecepatan pada penampang saluran. Pengaruh tegangan geser terhadap kecepatan ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil kecepatan pada pipa (cengel dkk,2018)

Gambar 1 memperlihatkan vektor kecepatan yang lebih besar terdapat pada bagian tengah pipa. Hal ini terjadi karena pengaruh tegangan geser pada bagian tengah pipa lebih kecil dibandingkan pada bagian dekat dinding pipa, bahkan pada dinding pipa kecepatan fluida sama dengan nol.

Pada prakteknya, kecepatan fluida yang digunakan pada perhitungan adalah kecepatan fluida rata-rata (V_{avg}), sedangkan pada pembahasan ini, kecepatan fluida tidak sama sepanjang penampang pipa. Untuk aliran laminar, kecepatan maksimum dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1) dan kecepatan pada sembarang titik pada penampang aliran dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2).



$$u_{max} = 2 V_{avg} \quad \dots\dots(1)$$

$$u(r) = 2 V_{avg} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad \dots\dots(2)$$

Dimana:

R = jari jari dalam pipa,

r = jari-jari pada sembarang titik

$u(r)$ = kecepatan pada sembarang titik.P

Contoh 1:

Hasil pengukuran kecepatan fluida diperoleh kecepatan rata-rata sebesar 5 m/det, dan diketahui diameter pipa 10 cm dan aliran laminar. Tentukan:

- a. Kecepatan maksimum fluida di dalam pipa
- b. Kecepatan fluida pada jarak 3 cm dari sumbu pipa.
- c. Kecepatan pada dinding pipa (pada jarak 5 cm dari sumbu)

Diketahui : $D = 10$ cm maka $R = 5$ cm, $V_{avg} = 5$ m/det , $r = 3$ dan $r = 5$

Ditanya : u_{max} , $u(3)$ dan $u(5)$

Penyelesaian

- a. Kecepatan maksimum fluida di dalam pipa

$$u_{max} = 2 V_{avg}$$

$$u_{max} = 2 \times 5$$

$$u_{max} = 10 \text{ m/det}$$

b. Kecepatan fluida pada jarak 3 cm dari sumbu pipa.

$$u(r) = 2 V_{avg} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

$$u(3) = 2 \times 5 \left(1 - \frac{3^2}{5^2} \right)$$

$$u(3) = 6,4 \text{ m/det}$$

c. Kecepatan fluida pada jarak 5 cm dari sumbu pipa.

$$u(r) = 2 V_{avg} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

$$u(5) = 2 \times 5 \left(1 - \frac{5^2}{5^2} \right)$$

$$u(5) = 0$$

Contoh 2:

Jika diketahui kecepatan fluida pada jarak 3 cm dari sumbu sama dengan 4,5 m/det. Tentukan diameter pipa jika diketahui kecepatan rata-rata fluida 4 m/det dan aliran laminar.

Diketahui : $V_{avg} = 4$ m/det , $r = 3$ dan $u(3) = 4,5$ m/det

Ditanya : D

Penyelesaian

$$u(r) = 2V_{avg} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)$$

$$4,5 = 2 \times 4 \left(1 - \frac{3^2}{R^2} \right)$$

$$\left(\frac{3^2}{R^2} \right) = (1 - 0,56)$$

$$R^2 = \frac{9}{0,44}$$

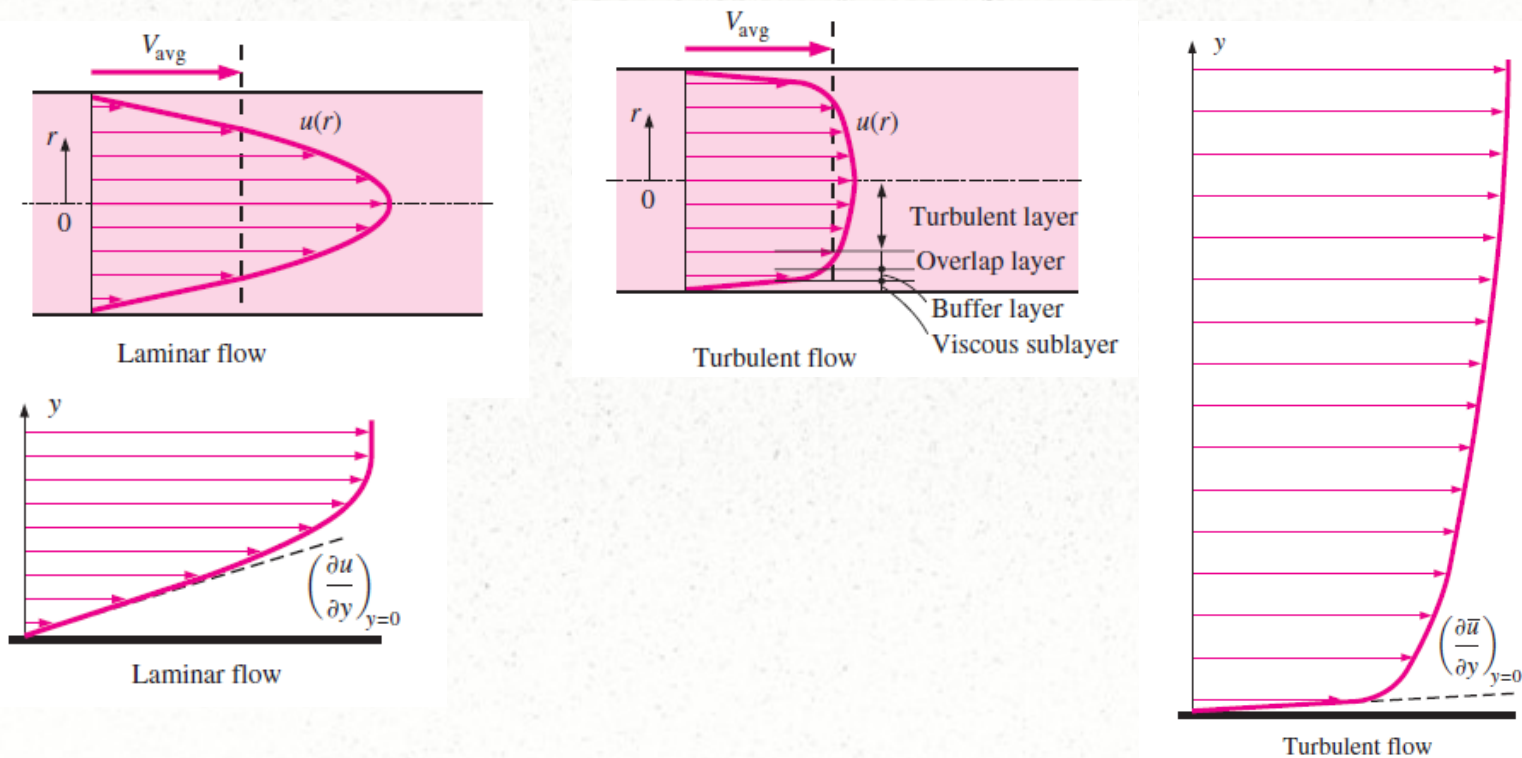
$$R^2 = 20,5$$

$$R = 4,53$$

$$D = 9,06 \text{ cm}$$

b. Distribusi Kecepatan pada Aliran Turbulen

Distribusi kecepatan pada aliran turbulen berbeda jika dibandingkan dengan aliran laminar. Gambar 2 menunjukkan perbandingan antara profil aliran laminar dan aliran turbulen.



Gambar 2. Perbandingan profil aliran (cengel dkk,2018)

Profil kecepatan pada aliran turbulen ditentukan secara empiris, dan dikenal dengan *power-law velocity profile* dan dinyatakan dengan menggunakan persamaan (3) dan (4):

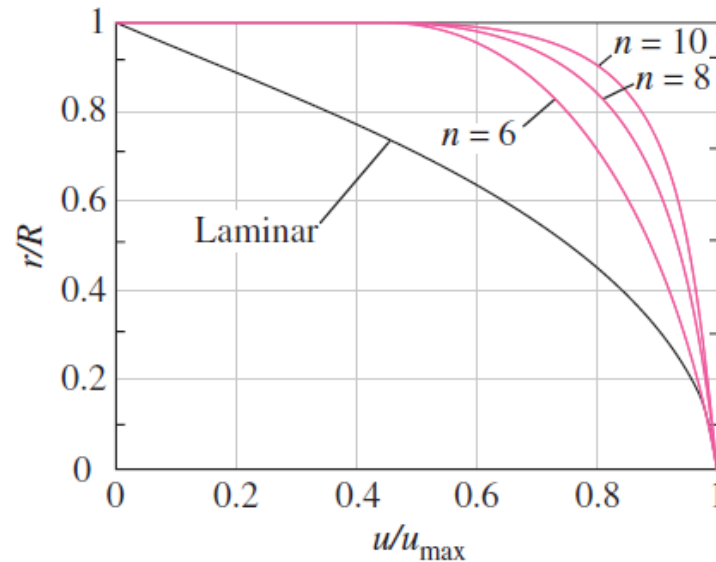
$$\frac{u}{u_{max}} = \left(\frac{y}{R} \right)^{\frac{1}{7}} \quad \text{.....(3)}$$

$$\frac{u(r)}{u_{max}} = \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{\frac{1}{7}} \quad \text{.....(4)}$$

Perbandingan antara kecepatan rata-rata dengan kecepatan maksimum dicari dengan menggunakan persamaan (5).

$$\frac{V_{avg}}{u_{max}} = \frac{4}{5} \quad \text{.....(5)}$$

Gambar 3 menunjukkan *power-law velocity profile*, untuk esponensial $n = 6, 8$ dan 10 . Profil pada ketiga eksponensial tersebut dibandingkan dengan profil aliran laminar.



Gambar 3. Variasi *power low velocity profile* (cengel dkk,2018)

Contoh 3:

Hasil pengukuran kecepatan fluida diperoleh kecepatan rata-rata sebesar 25 m/det, dan diketahui diameter pipa 10 cm dan aliran turbulen. Tentukan:

a. Kecepatan maksimum fluida di dalam pipa

b. Kecepatan fluida pada jarak 3 cm dari sumbu pipa

Diketahui : $D = 10$ cm maka $R = 5$ cm, $V_{avg} = 25$ m/det , $r = 3$

Ditanya : u_{max} , $u(3)$

Penyelesaian

a. Kecepatan maksimum fluida di dalam pipa

$$\frac{V_{avg}}{u_{max}} = \frac{4}{5}$$

$$u_{max} = \frac{5}{4} V_{avg}$$

$$u_{max} = \frac{5}{4} \times 25$$

$$u_{max} = 31,25 \text{ m/det}$$

b. Kecepatan fluida pada jarak 3 cm dari sumbu pipa.

$$\frac{u(r)}{u_{max}} = \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(r) = u_{max} \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(3) = 31,25 \left(1 - \frac{3}{5}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(3) = 31,25 (1 - 0,6)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(3) = 31,25 (0,4)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(3) = 31,25 (0,4)^{0,143}$$

$$u(3) = 31,25 \times 0,4^{0,143}$$

$$u(3) = 31,25 \times 0,877$$

$$u(3) = 27,41 \text{ m/det}$$

Kecepatan fluida pada jarak 5 cm dari sumbu pipa.

$$\frac{u(r)}{u_{max}} = \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(r) = 31,25 \left(1 - \frac{5}{5}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(r) = 0$$

Kecepatan fluida pada jarak 4 cm dari sumbu pipa.

$$u(r) = 31,25 \left(1 - \frac{4}{5}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(r) = 31,25 \left(1 - \frac{4}{5}\right)^{\frac{1}{7}}$$

$$u(3) = 31,25 (0,2)^{0,143}$$

$$u(3) = 31,25 (0,2)^{0,143}$$

$$u(3) = 31,25 \times 0,794$$

$$u(3) = 24,81 \text{ m/det}$$