



KINEMATIKA ZAT CAIR

Pengertian

- Kinematika aliran mempelajari gerak partikel zat cair tanpa meninjau gaya yang menyebabkan gerak tersebut.

Macam Aliran

1. Invisid dan viskos
2. Kompresibel dan tak kompresibel
3. Laminer dan turbulen
4. Mantap dan tak mantap
5. Seragam dan tak seragam
6. Satu, dua dan tiga dimensi
7. Rotasional dan tak rotasional

Aliran invisid dan viskos

- Aliran invisid : kekentalan zat cair dianggap nol (zat cair ideal).
- Aliran viskos : kekentalan zat cair diperhitungkan (zat cair riil).

Aliran Kompresibel & Tak Kompresibel

- Aliran kompresibel : rapat massa berubah dengan perubahan tekanan.
- Aliran tak kompresibel : rapat massa tidak berubah dengan perubahan tekanan, rapat massa dianggap konstan.

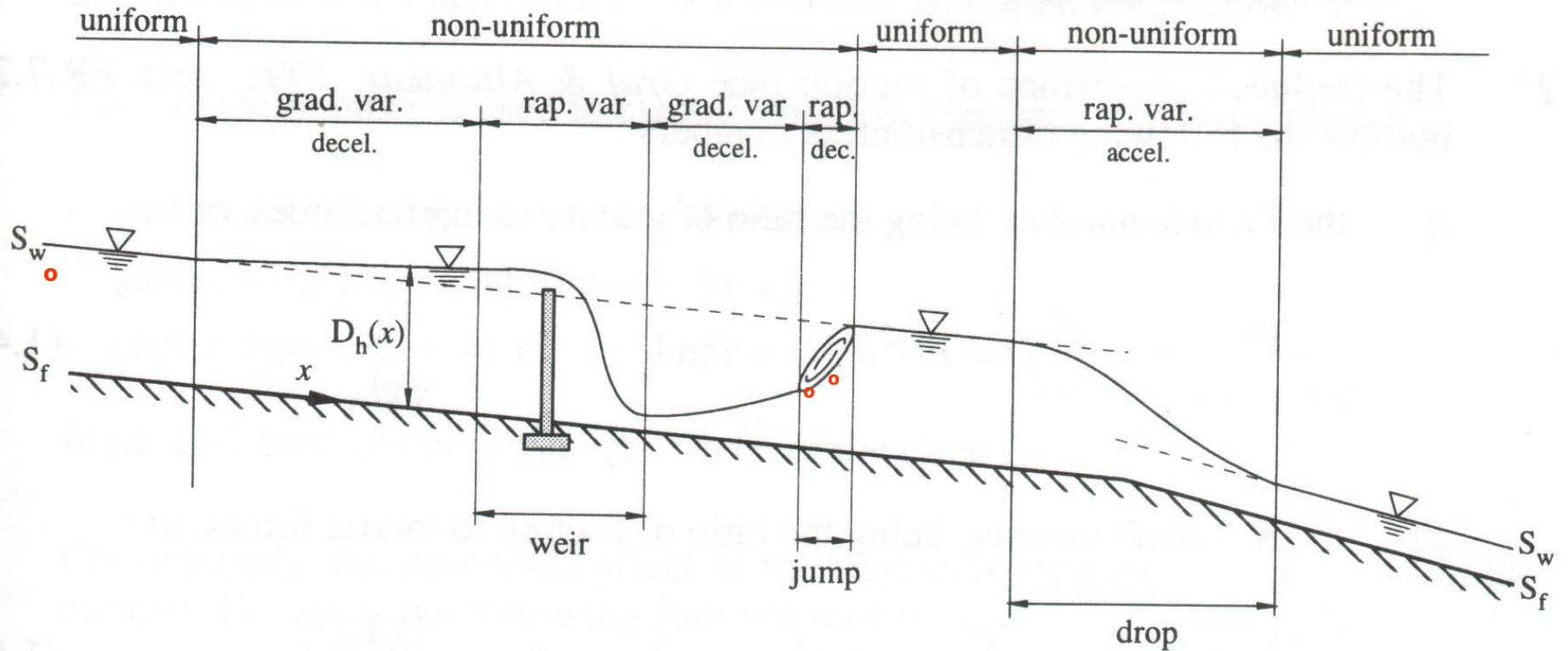
Aliran Mantap dan Tak Mantap

- Aliran mantap (*steady flow*) : terjadi jika *variabel aliran* di sebarang titik pada zat cair tidak berubah dengan waktu.
Yang termasuk variabel aliran misalnya : kecepatan aliran V , tekanan p , rapat massa ρ , tampang aliran A , debit Q , dsb)
- Aliran tak mantap (*unsteady flow*) terjadi jika *variabel aliran* di sebarang titik pada zat cair berubah dengan waktu.

Aliran Seragam dan Tak Seragam

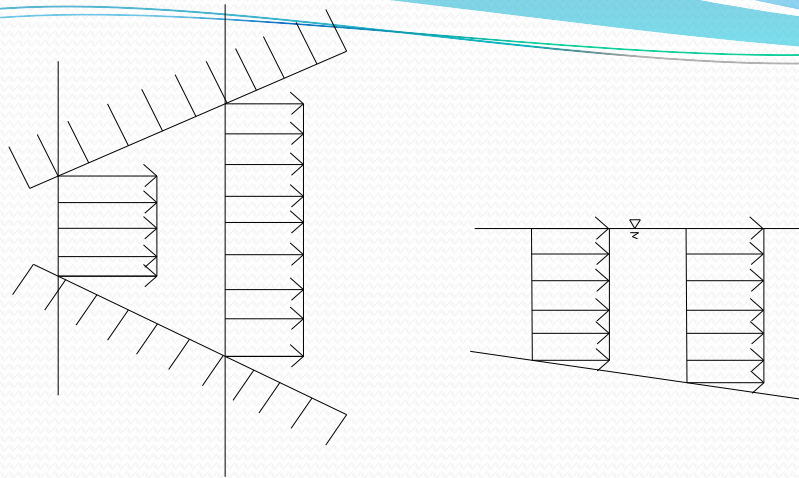
- Aliran seragam : apabila tidak ada perubahan variabel aliran dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang saluran.
- Aliran tidak seragam : apabila ada perubahan variabel aliran dari satu titik ke titik yang lain di sepanjang saluran.

Tipe Aliran

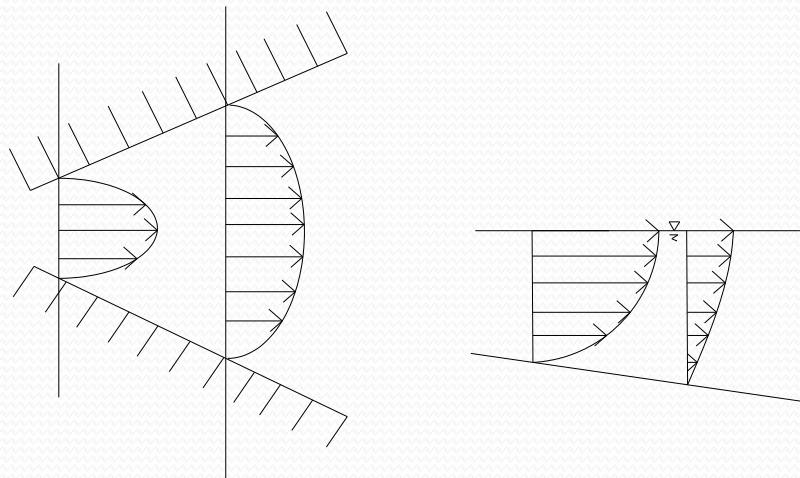


Aliran Satu, Dua, dan Tiga Dimensi

- Aliran satu dimensi : kecepatan di setiap titik pada tampang lintang mempunyai besar dan arah yang sama.
- Aliran dua dimensi : semua partikel dianggap mengalir dalam bidang sepanjang aliran, sehingga tidak ada aliran tegak lurus pada bidang tersebut.
- Aliran tiga dimensi : komponen kecepatan u , v , dan w adalah fungsi koordinat ruang x , y , dan z .



Aliran 1 D



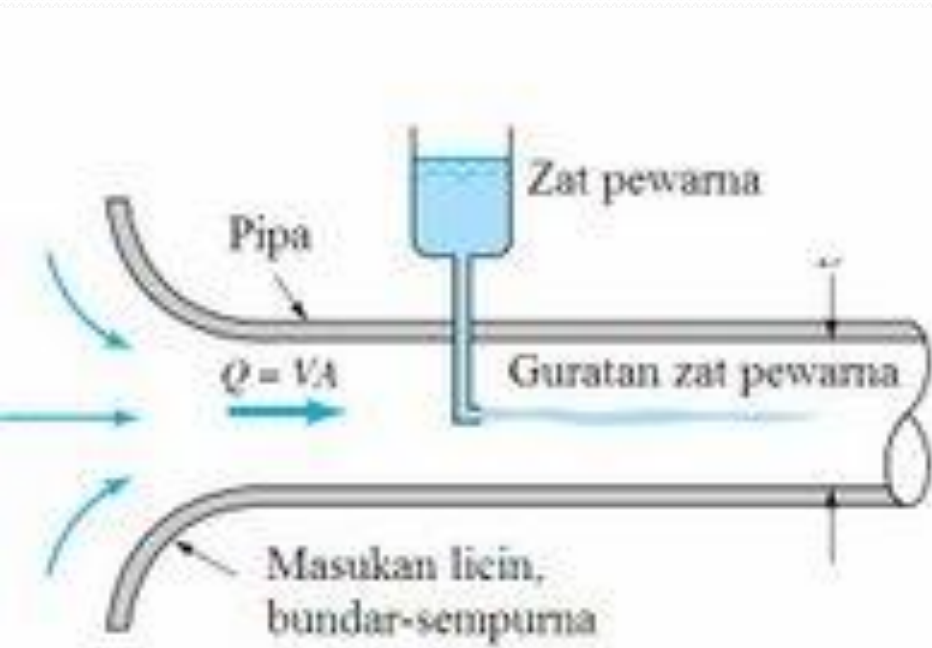
Aliran 2 D

Aliran Rotasional dan Tak Rotasional

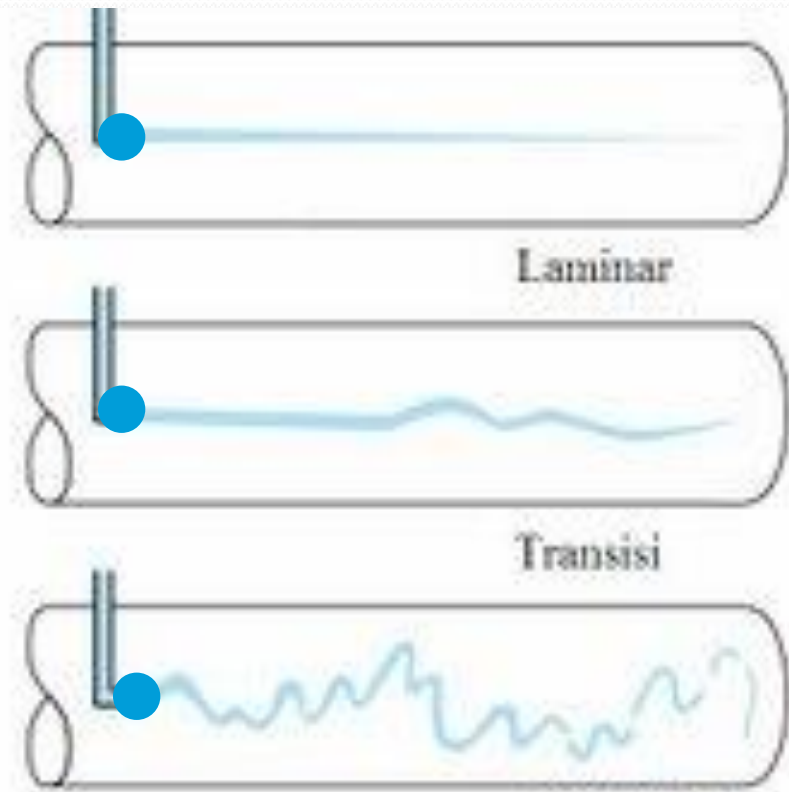
- Aliran Rotasional : bila setiap partikel zat cair mempunyai kecepatan sudut (berotasi) terhadap pusat massanya.
- Aliran Tak Rotasional : bila setiap partikel zat cair tidak mempunyai kecepatan sudut (tidak berotasi) terhadap pusat massanya.

Aliran Laminer dan Turbulen

- Aliran laminer : partikel-partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling berpotongan.
- Aliran turbulen : partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan.



(a)



(b)

Eksperimen Ilustrasi Jenis Aliran [7]

Ada dua jenis aliran dari fluida-fluida nyata, dan harus dipahami dan diselidiki. Aliran-aliran itu disebut aliran laminar dan aliran turbulen. Kedua jenis aliran tersebut diatur oleh hukum-hukum yang berbeda.

1. Aliran Laminar

Dalam aliran laminar partikel-partikel fluidanya bergerak di sepanjang lintasan-lintasan lurus, sejajar dalam lapisan-lapisan atau laminae. Besarnya kecepatan-kecepatan dari laminae yang berdekatan tidak sama. Aliran laminar diatur oleh hukum yang menghubungkan tegangan geser ke laju perubahan bentuk sudut, yaitu hasil kali kekentalan dan gradien kecepatan

2. Kecepatan kritis

Kecepatan kritis yang punya arti penting adalah kecepatan di bawah mana semua turbulensi direndam oleh kekentalan fluidanya. Telah ditemukan bahwa batas atas aliran laminar yang punya arti penting dinyatakan oleh suatu bilangan Reynolds sebesar kira-kira 2000.

3. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds, yang tak berdimensi, menyatakan perbandingan gaya-gaya inersia terhadap gaya-gaya kental. Untuk pipa-pipa bundar yang mengalir penuh,

$$\text{Bilangan Reynolds} - (R_E) = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu} \text{ atau } \frac{Vd}{\nu} = \frac{V(2r_0)}{\nu}$$

Dimana :

V : kecepatan rata-rata dalam m/det

d : garis tengah pipa dalam m, r_0 :jari-jari pipa dalam m

ν : kekentalan kinematik fluida dalam m²/det

ρ : rapat massa fluida dalam kg/m³

μ : kekentalan mutlak dalam Pa det

Untuk irisan penampang yang tak bundar, perbandingan luas irisan penampang terhadap keliling yang basah, disebut jari-jari hidrolis R (dalam m), digunakan dalam bilangan Reynolds. Pernyataan tersebut menjadi:

$$R_E = \frac{V(4R)}{\nu}$$

4. Aliran Turbulen

Dalam aliran turbulen partikel-partikel fluidanya bergerak secara serampangan ke semua arah. Tidaklah mungkin untuk menjejaki gerakan sebuah partikel tersendiri. Tegangan geser untuk aliran turbulen dapat dinyatakan sebagai.

$$\tau = (\mu + \pi) \frac{\partial v}{\partial y}$$

Dimana :

η : sebuah faktor yang tergantung pada rapat fluida dan gerakan fluida, yang menyatakan efek dari gerak turbulen.

μ : faktor yang menyatakan efek-efek dari gerak kental

$$\tau = \rho l^2 \left(\frac{dv}{dy} \right)^2$$

Tegangan geser dari Aliran Turbulen percobaan : Prandtl

Menyatakan bahwa sebuah persamaan dalam aliran turbulen yaitu panjang campuran (l) dari sebuah fungsi y . makin besar jarak y dari dinding pipa makin besar (l)

Tegangan geser dari Aliran Turbulen percobaan : Von Karman, Menyatakan bilangan tak berdimensi mendekati 0,40. integrasi dari rumus:

$$\tau = \tau_0 \left(1 - \frac{y}{r_0} \right) = \rho k^2 \frac{\left(\frac{dv}{dy} \right)^4}{\left(\frac{d^2v}{dy^2} \right)^2}$$

5. TEGANGAN GESER pada DINDING PIPA

Tegangan geser pada dinding pipa dinyatakan sebagai.

$$\tau_0 = \frac{f \cdot \rho \cdot V^2}{8}$$

Dimana :

f : sebuah faktor yang tak berdimensi

Variasi geser pada suatu irisan penampang nya adalah :

$$\tau = \left(\frac{p_1 - p_2}{2L} \right) r \quad \text{atau} \quad \tau = \left(\frac{w H_L}{2L} \right) r$$

Dari persamaan $\tau_0 = \frac{f \cdot \rho \cdot V^2}{8}$ Diperoleh $v_0 = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = V \cdot \sqrt{\frac{f}{8}}$

Distribusi kecepatan pada suatu irisan penampang akan mengikuti hukum variasi parabolik untuk aliran laminar. Kecepatan maksimum berada ditengah pipa dan dua kali kecepatan rata-ratanya. Persamaan profil kecepatan untuk aliran Laminar adalah:

$$v = v_c - \left(\frac{w h_L}{4 \mu L} \right) r^2$$

Untuk aliran Turbulen dari Nikuradse

$$v = v_c \left(\frac{y}{r_0} \right)^n$$

Dimana :

$n=1/7$ utk tabung mulus $Re = 100.000$

$n=1/8$ utk tabung mulus Re dari $100.000 - 400.000$

Penurunan Head untuk aliran Laminer dinyatakan oleh persamaan Hagan-Poiseuille,

$$hl = \frac{32\mu.L.V}{\rho.g.d^2}$$

Dalam suku-suku kekentalan kinematik, karena $\mu/w=v/g$, maka diperoleh

$$hl = \frac{32\nu.L.V}{g.d^2}$$

$$hl = f \frac{L.V^2}{2g.d}$$

Rumus Darcy-Weisbach, merupakan dasar menghitung head turun untuk aliran fluida dalam pipa-pipa dan saluran-saluran.

FAKTOR GESEKAN

Faktor gesekan f dapat diturunkan secara matematis untuk aliran laminer, tetapi tak ada hubungan matematis yang sederhana untuk variasi f dengan bilangan Reynolds yang tersedia untuk aliran Turbulen.

Nikuradse menemukan kekasaran relatif pipa (perbandingan ukuran ke tidak sempurnaan permukaan terhadap garis tengah dalam pipa)

Untuk aliran laminer disemua fluida harga f adalah : $64/Re$

$$hl = 64 \frac{\nu.L.V^2}{Vd2g.d} = \frac{64}{R_E} \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

Faktor gesekan (f) Untuk Aliran Turbulen

1. Untuk pipa mulus dan kasar $f = \frac{8\tau_0}{\rho V^2} = \frac{8V^2}{V^2}$

2. Untuk pipa mulus dari Blasius, $Re=3.000-100.000$ menganjuran

$f = \frac{0,316}{R_E^{0,25}}$ Untuk, Re sampai kira-kira 3.000.000, pers von Karman dari Prandtl $\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(R_E \sqrt{f}) - 0,8$

3. Untuk pipa mulus dan kasar $\frac{1}{\sqrt{f}} = \frac{2 \log r_0}{e.1,74}$

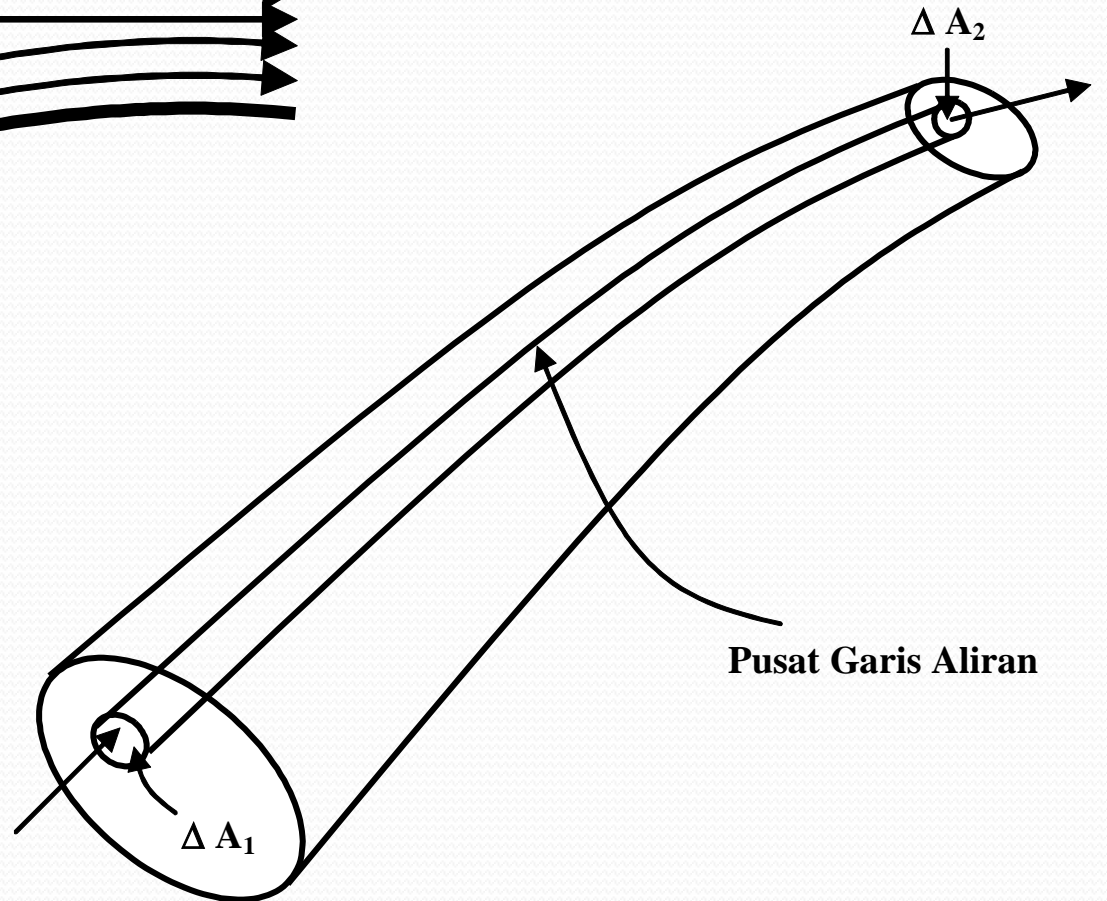
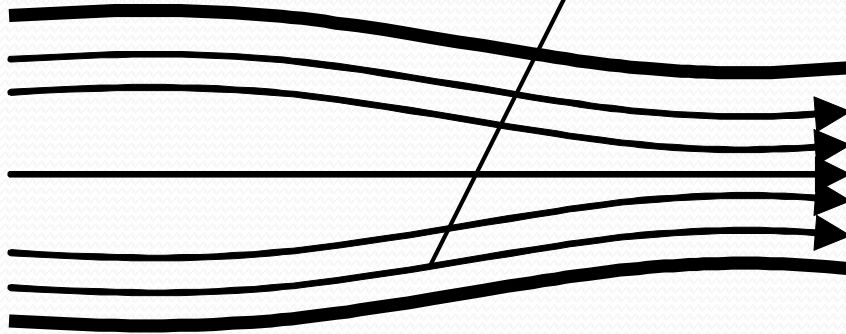
4. Untuk semua pipa, menghitung f dari Lembaga Hidrolika

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{e}{3.7d} + \frac{2,51}{R_E \sqrt{f}} \right]$$

Garis Arus dan Tabung Arus

- Garis arus (stream line) : adalah kurva khayal yang ditarik di dalam aliran zat cair untuk menunjukkan arah gerak di berbagai titik dalam aliran.
- Tabung arus : terbentuk jika sejumlah garis aliran ditarik melalui setiap titik di sekeliling suatu luasan kecil dalam aliran.

Garis Arus



Pusat Garis Aliran

Percepatan Partikel Zat Cair

- Percepatan partikel zat cair yang bergerak didefinisikan sebagai laju perubahan kecepatan.
- Laju perubahan kecepatan bisa disebabkan oleh perubahan geometri medan aliran atau karena perubahan waktu.