

KINEMATIKA ZAT CAIR

Mempelajari grafik gerak partikel zat cair tanpa meninjau gaya penyebab gerak tersebut.

Jenis aliran

1. Aliran inviscid dan viskos

Aliran inviscid → aliran dengan kekentalan zat cair $\mu \approx 0$ (zat cair ideal)

$$\tau \text{ antar partikel zat cair} \approx 0$$

aliran viskos → aliran yang memperhitungkan kekentalan (viskositas) → zat cair riil

$$\mu \neq 0 ; \tau \neq 0$$

2. Aliran Compressible dan in-compressible

Aliran compressible → dapat termanfaatkan ρ berubah → P meningkat

Aliran in-compressible → tidak termanfaatkan

- Penyederhanaan pada aliran mantap dengan kemampuan kecil → ρ konstan

- Pada aliran pipa yang terjadi perubahan tekanan → aliran tidak mantap → kompresibilitas zat cair diperhitungkan

3. Aliran laminar dan turbulen

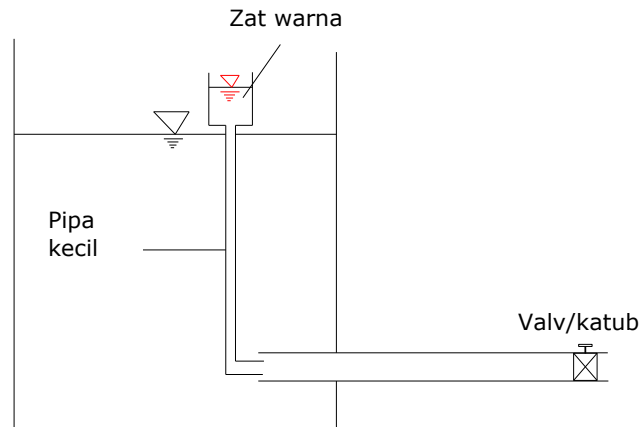
Aliran laminar = jika partikel-partikel zat cair bergerak teratur, membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling memotong

Aliran laminar terjadi jika kecepatan aliran rendah ukuran saluran kecil dan zat cair mempunyai kekentalan besar

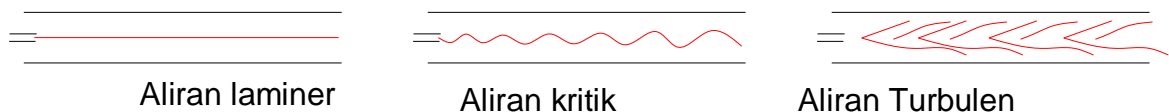
Aliran Turbulen ; jika partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan

Aliran turbulen terjadi jika kecepatan aliran besar, saluran lebar dan zat cair mempunyai kekentalan kecil (tidak terpengaruh viskositas).

Contoh : aliran di sungai, saluran drainase/ irigasi, laut



Alat osborn – Reynolds



Menurut Reynolds, ada 3 faktor yang mempengaruhi keadaan aliran:

- Kekentalan fluida (μ)
- Rapat massa fluida (ρ)
- Diameter pipa (D)

Hubungan $\mu, \rho,$ dan D yang mempunyai dimensi sama dengan kecepatan adalah $\mu/\rho D$.

Reynolds menunjukkan bahwa aliran dapat diklasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu. Angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran dalam pipa dengan nilai $\mu/\rho D \rightarrow$ angka Reynolds

$$Re = \frac{V}{\frac{\mu}{\rho \cdot D}} = \frac{\rho \cdot D \cdot V}{\mu} = \frac{vD}{\nu} \rightarrow \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$\nu = \text{kekentalan} \cdot \text{kinematik}$

Pada angka Reynolds rendah, gaya kental dominan sehingga aliran adalah laminar. Dengan bertambahnya angka Reynolds, baik karena bertambahnya v , atau berkurangnya kekentalan ν , atau bertambah besarnya dimensi medan aliran (pipa), menyebabkan kondisi aliran laminar menjadi tidak stabil, sampai pada suatu angka Reynolds tertentu aliran menjadi Turbulen

$Re < 2000 \rightarrow$ - gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan fluida

- Aliran laminar

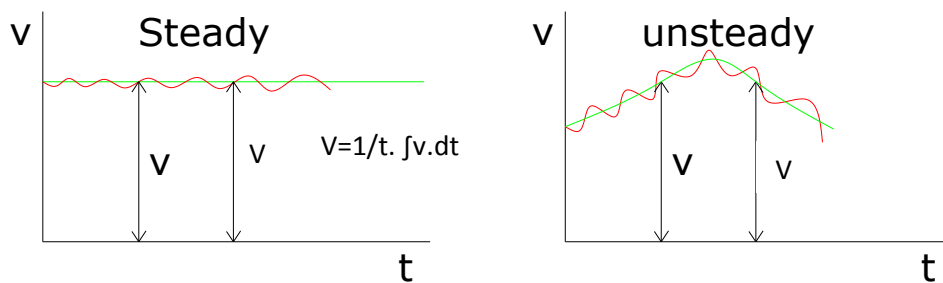
$2000 < Re < 4000 \rightarrow$ aliran kritis

$Re > 4000 \rightarrow$ aliran Turbulen

4. Aliran mantap dan tak mantap

Aliran mantap (steady flow) \rightarrow jika variabel aliran (v, Q, ρ, p, A dan sebagainya) disebarang titik tidak berubah terhadap waktu

$$\frac{\partial V}{\partial t} = 0, \frac{\partial p}{\partial t} = 0; \frac{\partial Q}{\partial t} = 0; \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0; \frac{\partial h}{\partial t} = 0$$



Aliran tidak mantap (unsteady flow) terjadi jika variabel aliran berubah terhadap waktu

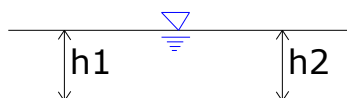
$$\frac{\partial V}{\partial t} \neq 0, \frac{\partial p}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial Q}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial \rho}{\partial t} \neq 0; \frac{\partial h}{\partial t} \neq 0$$

Misal ; aliran banjir disungai, estuari

5. Aliran seragam dan tak seragam

Aliran seragam (uniform flow), jika besar dan arah kecepatan dari satu titik ke titik lain tidak berubah sepanjang aliran. Demikian pula dengan variabel aliran lain;

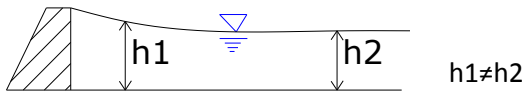
$$\frac{\partial V}{\partial x} = 0, \frac{\partial p}{\partial x} = 0; \frac{\partial Q}{\partial x} = 0; \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0; \frac{\partial h}{\partial x} = 0$$



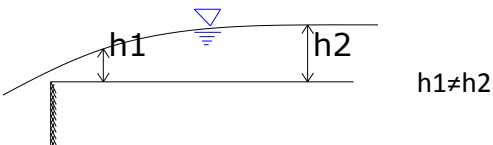
$$h1 = h2$$

aliran tak seragam (non-uniform flow), terjadi jika variabel aliran berubah terhadap jarak

$$\frac{\partial V}{\partial x} \neq 0; \frac{\partial p}{\partial x} \neq 0; \frac{\partial Q}{\partial x} \neq 0; \frac{\partial \rho}{\partial x} \neq 0; \frac{\partial h}{\partial x} \neq 0$$



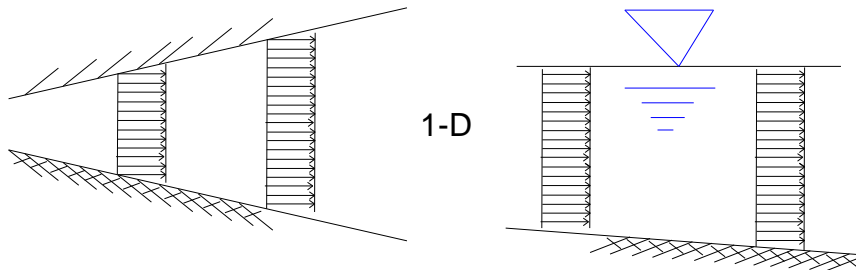
Bendungan



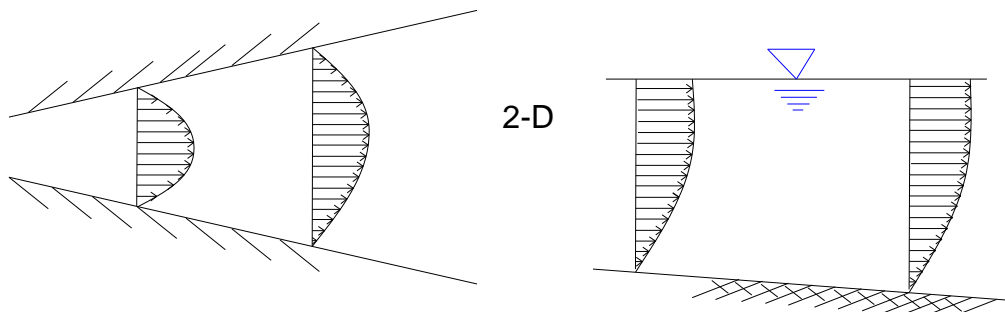
Terjunan

6. Aliran 1-D, 2-D dan 3-D

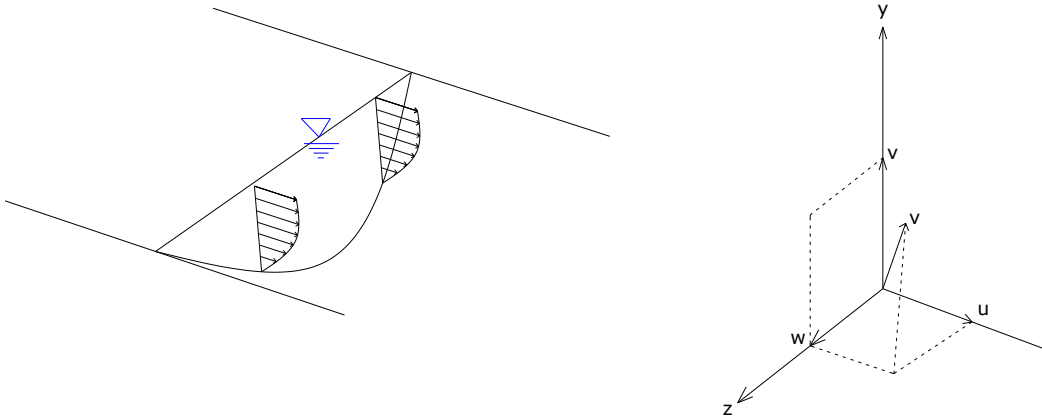
Aliran satu dimensi, kecepatan di setiap titik pada tampang lintang mempunyai besar dan arah yang sama.



Aliran dua dimensi (2-D), semua partikel dianggap mengalir dalam bidang sepanjang aliran, sehingga tak ada aliran tegak lurus pada bidang tersebut

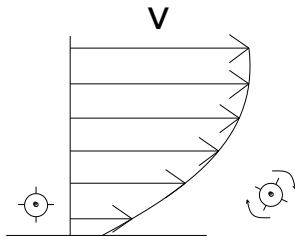


Aliran tiga dimensi (3D), komponen kecepatan ditinjau pada koordinat ruang X,Y,Z yaitu u,v,w

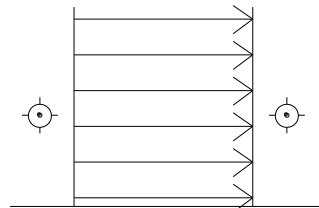


7. Aliran rotasional dan Irrotasional

Aliran rotasional jika setiap partikel zat cair mempunyai kecepatan sudut terhadap pusat massanya.



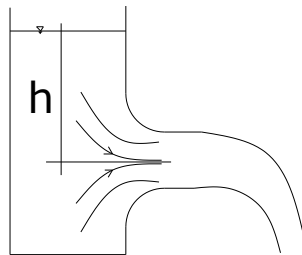
Aliran rotasional Pada distribusi kecepatan yang tidak merata



Aliran irrotasional Pada distribusi kecepatan pada dinding batas

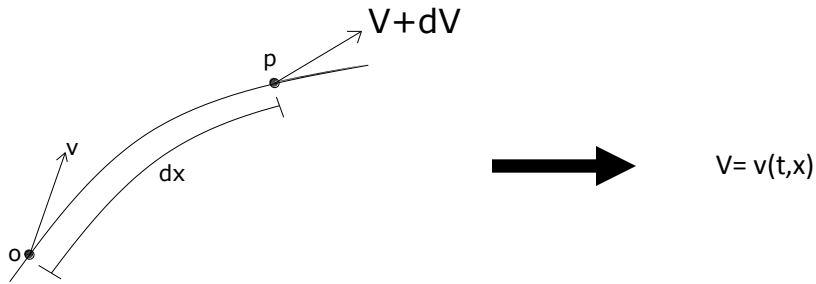
8. Percepatan partikel zat cair

Percepatan partikel zat cair = laju perubahan kecepatan dikaibatkan oleh perubahan geometri medan aliran atau perubahan waktu



- h konstan → aliran mantap
- perubahan kecepatan karena adanya perubahan tampang aliran → percepatan konveksi
- perubahan kecepatan terhadap waktu (h berubah) → percepatan lokal

Bila tampang berubah dan h berubah → percepatan local (percepatan konveksi + percepatan local) → aliran tidak mantap



Lintasan gerak partikel

Percepatan partikel selama bergerak

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = v \cdot dt$$

$$dv = \frac{\partial v}{\partial t} \cdot dt + \frac{\partial v}{\partial x} \cdot dx \rightarrow \text{substitusikan } dx = v \cdot dt$$

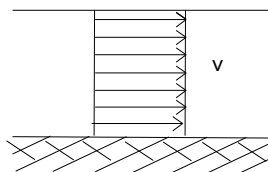
$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v}{\partial x} \cdot v$$

$$a = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x}$$

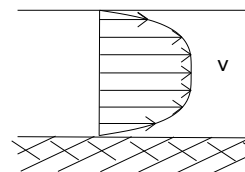
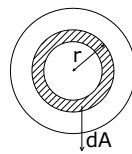
9. Debit aliran

Debit aliran (Q) = jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satuan waktu

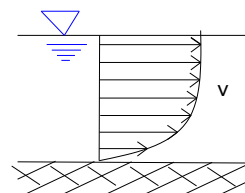
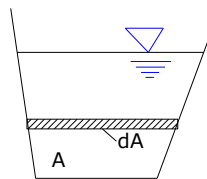
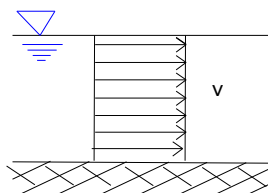
Diukur dalam volume persatuan waktu ($m^3/detik$; liter/detik. Dan sebagainya



Zat cair ideal



Zat cair riil



Tampang aliran \perp arah aliran

$$Q = A \cdot V \text{ (m}^2 \cdot \text{m/det} = \text{m}^3/\text{det})$$

Bila v kecepatan aliran pada pias

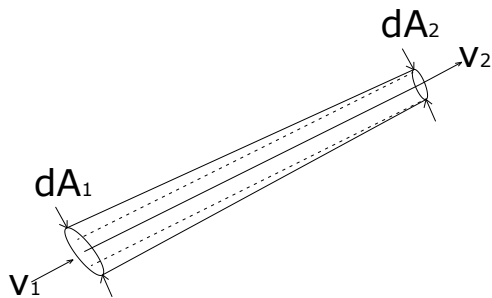
$$dQ = dA \cdot v = 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot v$$

$$Q = \int dQ = \int 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot v = 2\pi \int_0^r v \cdot r \cdot dr$$

praktis = $Q = A \cdot V \rightarrow V = \text{kecepatan rerata tampang}$

10. Persamaan Kontinuitas

Volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama disemua tampang (hukum kontinuitas aliran zat cair)



Volume zat cair yang masuk tampang 1 tiap satuan waktu: $V_1 \cdot dA_1$

Volume zat cair yang keluar tampang 2 tiap satuan waktu: $V_2 \cdot dA_2$, karena tidak ada zat cair yang hilang pada tampang 1 \rightarrow 2, maka:

$$V_1 \cdot dA_1 = V_2 \cdot dA_2$$

Integrasi pada seluruh tampang aliran

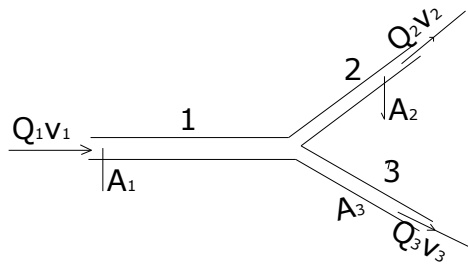
$$V_1 \cdot \int_{A1} dA_1 = V_2 \cdot \int_{A2} dA_2$$

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2$$

$$Q = A \cdot V = \text{konstan}$$

Disebut sebagai persamaan kontinuitas untuk zat cair incompressible

Pada percabangan



Persamaan kontinuitas debit yang menuju titik cabang == debit yang meninggalkan titik tersebut

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$A_1V_1 = A_2V_2 + A_3V_3$$

Debit yang menuju titik cabang (+)

Debit yang meninggalkan titik cabang (-)

$$\left. \begin{array}{l} \text{Debit yang menuju titik cabang (+)} \\ \text{Debit yang meninggalkan titik cabang (-)} \end{array} \right\} \Sigma Q = 0$$