

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fluida ialah zat yang mengalir dan biasanya berbentuk gas atau cair. Disadari atau tidak fluida telah menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari. Misalnya instalasi perpipaan dirumah. Pipa mempunyai berbagai bentuk penampang dan ukurannya. Pada umumnya bentuk lingkaran lebih sering digunakan dengan material pipa terbuat dari PVC, logam dan *acrylic*. Pengelompokan jenis aliran fluida dapat dilakukan dengan memahami prinsip dasar bilangan *Reynolds*. Berdasarkan bilangan *Reynolds*, jenis aliran terbagi menjadi 3 aliran, yaitu aliran laminar, aliran turbulen dan aliran transisi.

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian telah membuat alat praktikum mekanika fluida atau dikenal dengan nama *Osborne Reynolds*. Yang mana alat tersebut berfungsi untuk mengetahui karakteristik aliran fluida dalam pipa dan juga digunakan untuk menentukan bilangan *Reynolds* pada suatu aliran tertutup. Karena alat ini masih baru, jadi belum diketahui bagaimana kinerja alat tersebut. Sehingga alat ini belum bisa digunakan sebagai alat praktikum untuk pembelajaran mekanika fluida.

Untuk mengetahui kinerja alat tersebut, maka dilakukan penelitian tentang “Uji Kinerja Alat Uji *Osborne Reynolds* Menggunakan Pipa Transparan Horizontal Dengan Ukuran Pipa  $\frac{3}{4}$  Inch”. Sehingga pada akhirnya nanti alat ini juga bisa digunakan sebagai alat uji praktikum mekanika fluida untuk menambah wawasan keilmuan tentang fluida.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik aliran fluida?
2. Berapa kecepatan aliran pada setiap karakteristik aliran fluida?
3. Berapa bilangan *Reynolds* untuk setiap jenis aliran fluida?

### 1.3 Tujuan Penelitian Dan Manfaat Penelitian

#### A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik aliran.
2. Untuk menghitung berapa kecepatan aliran pada setiap karakteristik aliran.
3. Untuk menghitung bilangan *Reynolds* pada setiap jenis aliran.
4. Untuk mengetahui apakah alat uji *Osborne Reynolds* tersebut bisa digunakan sebagai alat uji praktikum pada mata kuliah mekanika fluida.

#### B. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengetahui karakteristik aliran.
2. Dapat mengetahui berapa kecepatan aliran pada setiap karakteristik aliran.
3. Dapat menghitung bilangan Reynold pada setiap jenis aliran.
4. Dapat mengetahui apakah alat uji *Osborne Reynolds* tersebut bisa digunakan sebagai alat uji praktikum pada mata kuliah mekanika fluida.

### 1.4 Batasan Masalah

Menghindari melebarnya pembahasan, maka dalam tugas skripsi ini diberi batasan-batasan sebagai berikut:

1. Jenis fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air.
2. Alat yang akan di uji adalah *Osborne Reynolds* menggunakan pipa transparan dengan ukuran pipa 3/4 inchi.
3. Data yang diambil adalah kecepatan aliran dan mengamati karakteristik aliran.
4. Menghitung angka Reynolds untuk setiap karakteristik aliran.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Suatu sistem transfer fluida dari satu tempat ke tempat lain biasanya terdiri dari pipa, *valve*, sambungan (*elbow*, *tee*, *shock*, dan lain-lain) dan pompa. Jadi pipa memiliki penerapan yang penting dalam suatu sistem transfer fluida. Pipa memiliki berbagai macam ukuran dan bentuk penampang serta material yang bervariasi. Material pipa bermacam-macam, seperti plastik, PVC, logam, *acrylic*, dan lain-lain. Ukuran pipa juga bervariasi dari yang berukuran kecil sampai besar dan diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti untuk penelitian, pemakaian rumah tangga, industri manufaktur, bahkan pada bidang industri minyak dan gas. Dari segi bentuk penampangnya, pipa dengan penampang lingkaran atau bulat adalah yang paling banyak digunakan, tapi tidak menutup kemungkinan menggunakan pipa dengan bentuk lain.

Berikut ini adalah contoh penelitian terdahulu yang juga meneliti tentang pengujian alat uji *Osborne reynold*. Ini menjadi salah satu landasan atau pedoman dalam melakukan penelitian ini.

1. Piter dan Sinaga (2013) dengan judul “Perancangan Alat Uji Gesekan Aliran di Dalam Saluran”. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat uji gesekan aliran didalam saluran yang bisa digunakan untuk media praktikum pada mata kuliah mekanika fluida. Dan hasil penelitiannya menunjukkan grafik hubungan antara faktor gesekan  $f$  dan bilangan *Reynold*  $Re$  yang dihasilkan mendekati dengan grafik yang digambarkan pada diagram *Moody* dengan demikian hasil rancangan alat uji gesekan aliran didalam saluran ini dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan praktikum mekanika fluida.

2. Taufik (2011) dengan judul “Pembuatan Dan Pengujian *Osborne Reynolds Apparatus* Pipa Horizontal”. Penelitian ini bertujuan untuk Membuat dan melakukan pengujian alat praktikum *Osborne Reynolds Apparatus* dengan menggunakan pipa horizontal, Mendapatkan Bilangan *Reynolds* sesuai dengan profil aliran yang terjadi pada pipa horizontal dan Membandingkan hasil pengujian dengan *software* analisis numerik fluida *fluent* 6.2.16. dan hasil dari penelitiannya adalah Semakin besar kecepatan aliran pipa semakin besar pula nilai Bilangan *Reynolds* yang didapatkan sehingga akan mempengaruhi jenis aliran Bilangan *Reynolds*. Bukaan katup sudut  $15^\circ$  jenis aliran yang didapatkan adalah laminar dan bukaan katup  $30^\circ$  *head* 150-50 jenis aliran yang didapatkan transisi, sedangkan untuk bukaan katup sudut  $45^\circ, 60^\circ$  dan  $75^\circ$  jenis aliran yang didapatkan adalah turbulen.
  
3. Priyanto dengan judul ”Analisa Aliran Fluida Pada Pipa *Acrylic* Diameter 12,7 Mm (0,5 Inchi) Dan 38,1 Mm (1,5 Inchi)”. Dimana tujuan penelitian ini adalah membuat alat uji kehilangan tekanan didalam sistem perpipaan pada pipa *acrylic* diameter dalam 12,7 mm (0,5 inci), 25,4 mm (1 inci) dan 38,1 mm (1,5 inci) yang mempunyai permukaan licin. Membandingkan nilai bilangan *Reynold* ( $Re$ ) dan koefisien gesek ( $\lambda$ ) pada pipa *acrylic* diameter 12,7 mm (0,5 inci) dengan pipa *acrylic* diameter 25,4 mm (1 inci) dan pipa *acrylic* diameter 38,1 mm (1,5 inci). Dari hasil analisis aliran fluida air pada pipa *acrylic* berdiameter 12,7 mm (0,5 inci) dan 38,1 mm (1,5 inci) dengan permukaan licin berdasarkan grafik  $Re-\lambda$ , dapat disimpulkan bahwa :
  - a. Pada pipa pengujian berdiameter 12,7 mm (0,5 inci) dengan permukaan licin alirannya termasuk kedalam aliran turbulen, koefisien gesek ( $\lambda$ ) terletak pada persamaan *Blassius*  $\lambda = 0.3164 Re$  dengan grafik  $Re-\lambda$  yang lurus.
  - b. Pada pipa pengujian berdiameter 38,1 mm (1,5 inci) dengan permukaan licin alirannya termasuk kedalam aliran turbulen, grafik  $Re-\lambda$  melengkung mendekati lurus.

- c. Nilai bilangan *Reynold* (Re) pada pipa pengujian berdiameter 12,7 mm (0,5 inci) lebih besar dari nilai bilangan *Reynold* (Re) pada pipa pengujian berdiameter 38,1 mm (1,5 inci). Karena semakin bertambahnya nilai bilangan *Reynold* (Re) semakin kecil nilai koefisien geseknya ( $\lambda$ ), maka nilai koefisien gesek ( $\lambda$ ) pada pipa pengujian berdiameter 12,7 mm (0,5 inci) lebih kecil dari nilai koefisien gesek ( $\lambda$ ) pada pipa pengujian berdiameter 38,1 mm (1,5 inci).
  - d. Pada kecepatan yang sama ( $V = \text{konstan}$ ), jika semakin besar diameter (D) pipa pengujiannya, maka nilai koefisien geseknya ( $\lambda$ ) akan naik. Begitu juga sebaliknya, jika semakin kecil diameter (D) pipa pengujiannya, maka nilai koefisien geseknya ( $\lambda$ ) akan menurun.
4. Dharma dan Prasetyo (2012) dengan judul “Pengaruh Perubahan Laju Aliran Terhadap Tekanan Dan Jenis Aliran Yang Terjadi Pada Alat Uji Praktikum Mekanika Fluida”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan laju aliran terhadap tekanan dan jenis aliran pada fluida. Dan Hasil yang diperoleh adalah Jenis aliran yang terjadi pada alat uji adalah jenis aliran turbulen. Karena bilangan *Reynoldnya* di atas 4000, yaitu 12690,93 dan Berdasarkan penelitian perubahan tekanan masing-masing pipa pengujian pada debit 0,00015 m<sup>3</sup>/detik sampai 0,00041 m<sup>3</sup>/detik adalah :
- a. Pada satu titik bagian pipa (P<sub>1</sub>) tekanannya 101443 N/m<sup>2</sup>, menjadi 103797 N/m<sup>2</sup>.
  - b. Pada pipa pembesaran ( $\Delta P_2$ ) perubahan tekanannya 206,01 N/m<sup>2</sup> menjadi -510,12 N/m<sup>2</sup>.
  - c. Pada pipa pengecilan ( $\Delta P_3$ ) perubahan tekanannya 39,24 N/m<sup>2</sup> menjadi 667,08 N/m<sup>2</sup>.
  - d. Pada pipa belokan ( $\Delta P_4$ ) perubahan tekanannya 19,62 N/m<sup>2</sup> menjadi 333,54 N/m<sup>2</sup>.

- e. Pada pipa beda bahan ( $\Delta P_5$ ) perubahan tekanannya 19,62 N/m<sup>2</sup> menjadi 206,01 N/m<sup>2</sup>.
  - f. Pada pipa lurus ( $\Delta P_6$ ) perubahan tekananya sebesar 39,24 N/m<sup>2</sup> menjadi 480,69 N/m<sup>2</sup>.
5. Cahyono (2017) yang berjudul “Analisis Aliran Fluida Dalam Pipa Terhadap Kontraksi Dan Pembesaran Diameter Pipa”. Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis kecepatan aliran dan debit air dalam pipa pvc dengan hambatan pengecilan pipa/kontraksi mendadak pada pipa berukuran ( $\frac{3}{4}$  inchi -  $\frac{1}{2}$  inchi), (1 inchi- $\frac{3}{4}$  inchi), ( $1\frac{1}{4}$  inchi – 1 inchi), dan hambatan pembesaran pipa mendadak pada pipa berukuran ( $\frac{1}{2}$  inchi -  $\frac{3}{4}$  inchi), ( $\frac{3}{4}$  inchi – 1 inchi), (1 inchi -  $1\frac{1}{4}$  inchi) dengan jarak tiap manometer 20 cm serta mengetahui rugi kontraksi maupun pembesaran pipa mendadak. Hasil penelitiannya adalah:
- a. Hasil perhitungan debit dari semua kontraksi maupun pembesaran diameter pipa menunjukkan nilai yang sama yaitu 0,00043 m<sup>3</sup>/det atau 0,43 liter/det.
  - b. Rugi pada kontraksi diameter pipa  $1\frac{1}{4}$  inchi – 1 inchi ( $hc_1$ ) = 22 %, pada diameter pipa 1 inchi –  $\frac{3}{4}$  inchi ( $hc_1$ ) = 33 %, dan pada diameter pipa  $\frac{3}{4}$  inchi –  $\frac{1}{2}$  inchi ( $hc_3$ ) = 45 % menunjukkan semakin kecil diameter pipa maka kerugian yang terjadi semakin meningkat. Ini dipengaruhi oleh kecepatan aliran dan debit, karena pada kontraksi diameter pipa kecepatan aliran yang tinggi akan menyebabkan kerugian yang lebih tinggi.
  - c. Rugi pada pembesaran diameter pipa 1 inchi - $1\frac{1}{4}$  inchi ( $he_1$ ) = 39 %, pada diameter pipa  $\frac{3}{4}$  inchi - 1 inchi ( $he_2$ ) = 40 %, dan pada diameter pipa  $\frac{1}{2}$  inchi -  $\frac{3}{4}$  inchi ( $he_3$ ) = 21 %. Pada pembesaran diameter pipa, kecepatan aliran dan diameter pipa sangat mempengaruhi besar kecilnya kerugian yang terjadi.

- d. Kecepatan aliran akan lebih tinggi saat melewati kontraksi diameter pipa mendadak atau pada diameter pipa yang lebih kecil, begitupun sebaliknya kecepatan aliran akan menurun setelah melewati pembesaran diameter pipa mendadak atau pada diameter pipa yang lebih besar. Sedangkan meningkatnya bilangan *Reynolds* disebabkan oleh diameter pipa/sambungan dan kecepatan aliran. Dengan bertambahnya kecepatan aliran dapat menyebabkan naiknya bilangan *Reynolds*.

## **2.2 Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang**

Adapun perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini menggunakan alat uji *Osborne Reynold* dengan pipa transparan horizontal.
- b. Diameter pipa yang diuji adalah 3/4 inchi.
- c. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Laboratorium

Mekanika fluida adalah ilmu yang mempelajari tentang fluida serta gaya-gaya yang bekerja padanya. Selain mempelajari teori dikelas, mekanika fluida juga membutuhkan praktikum dilaboratorium. Laboratorium adalah tempat untuk mempraktekkan teori-teori yang telah dipelajari, tempat untuk melakukan penelitian, percobaan serta tempat untuk mengembangkan ilmu pengetahuan.

Dengan adanya sarana dan prasarana di laboratorium dapat lebih mendukung mahasiswa untuk mempraktekkan konsep yang dipelajari sehingga bisa meningkatkan prestasi, terutama dibidang mekanika fluida. Dengan melakukan praktikum, mahasiswa dapat memahami bagaimana konsep fluida secara langsung, bisa mengamati sendiri bagaimana pergerakan fluida, serta karakteristik fluida itu sendiri.

#### 3.2 Fluida

##### 3.2.1 Pengertian Fluida

Fluida adalah segala jenis zat yang dapat mengalir baik berupa gas maupun cair. Definisi yang lebih tepat untuk membedakan zat padat dengan fluida adalah dari karakteristik deformasi bahan-bahan tersebut. Zat padat dianggap sebagai bahan yang menunjukkan reaksi deformasi yang terbatas ketika menerima atau mengalami suatu gaya geser (*shear*). Sedangkan fluida memperlihatkan fenomena sebagai zat yang terus menerus berubah bentuk apabila mengalami tegangan geser, dengan kata lain yang dikategorikan sebagai fluida adalah suatu zat yang tidak mampu menahan tekanan geser tanpa berubah bentuk. Jadi dapat disimpulkan fluida itu merupakan suatu zat yang dapat dengan mudah berubah bentuk, tergantung dari tempat fluida itu berada. Fluida dapat dikatakan statis bila fluida tersebut dalam keadaan tidak bergerak atau diam pada suatu wadah dan dapat dikatakan kinematis bila fluida tersebut bergerak secara terus-menerus (*continue*) akibat adanya suatu gaya gesek atau tekan seberapapun kecilnya.



Fluida diklasifikasikan sebagai fluida *Newtonian* dan fluida *non-Newtonian*. Dalam fluida *Newtonian* terdapat hubungan yang *linier* antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk yang diakibatkan, Dalam fluida bukan *Newtonian* terdapat hubungan tak linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk sudut.

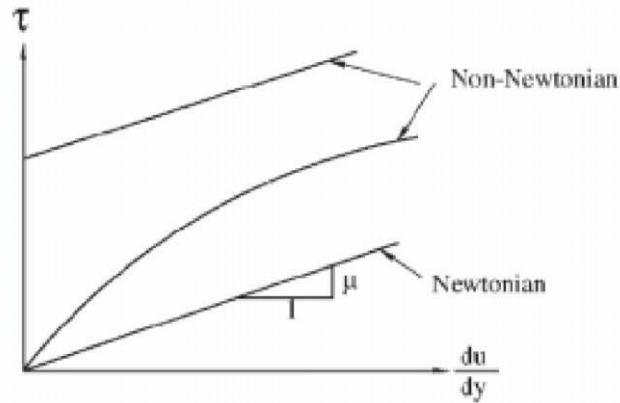
Fluida secara umum bila dibedakan menurut kemampuannya (*compressibility*), maka bentuk fluida terjadi dua jenis, yaitu: *compressible fluid* dan *incompressible fluid*. *Compressible fluid* adalah fluida dengan tingkat kerapatannya dapat berubah-ubah, contohnya zat yang berbentuk gas. Sedangkan *incompressible fluid* adalah fluida yang tingkat kerapatannya tidak berubah atau perubahannya sangat kecil dan dianggap tidak ada, contohnya : zat berbentuk cair.

### **3.2.2 Fluida Newtonian Dan Non-Newtonian**

Sebuah fluida *Newtonian* didefinisikan sebagai fluida yang tegangan gesernya berbanding lurus secara linier dengan gradient kecepatan pada arah tegak lurus dengan bidang geser. Definisi ini memiliki arti bahwa fluida *newtonian* akan mengalir terus tanpa dipengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada fluida. Sebagai contoh, air adalah fluida *Newtonian* karena air memiliki property fluida sekalipun pada keadaan diaduk.

Sebaliknya, bila fluida *non-Newtonian* diaduk, akan tersisa suatu "lubang". Lubang ini akan terisi seiring dengan berjalannya waktu. Sifat seperti ini dapat teramati pada material-material seperti puding. Peristiwa lain yang terjadi saat fluida *non-Newtonian* diaduk adalah penurunan *viskositas* yang menyebabkan fluida tampak "lebih tipis" (dapat dilihat pada cat). Ada banyak tipe fluida *non-Newtonian* yang kesemuanya memiliki properti tertentu yang berubah pada keadaan tertentu.

Hal ini diilustrasikan dengan jelas pada Gambar 3.1.

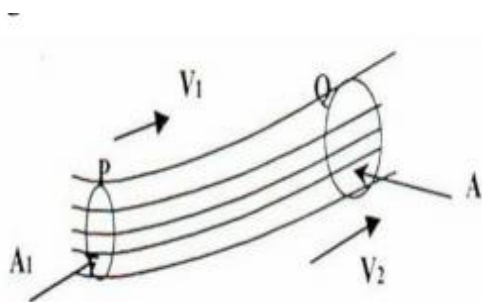


Gambar 3.1 Variasi Linear dari Tegangan Geser Terhadap Laju Regangan Geser Untuk Beberapa Jenis Fluida  
(Sumber: Munson, *et al.*, 2002)

### 3.2.3 Persamaan Dasar Aliran Fluida

#### A. Persamaan kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dan memiliki massa jenis yang tetap. Pergerakan fluida akan sejajar dengan dinding ketika fluida berada di dalam tabung meskipun kecepatan dari satu titik dengan titik lain memiliki besar yang berbeda. Persamaan kontinuitas yang terjadi dalam tabung dapat ditunjukkan pada persamaan (1) dan gambar 3.2



Gambar 3.2 Persamaan Kontinuitas di Dalam Pipa  
(Sumber: Helmizar, 2010)

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$

$$(\rho \cdot A \cdot v)_1 = (\rho \cdot A \cdot v)_2 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

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

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

$$v_1 = \text{kecepatan fluida 1 (m/s)}$$

$$v_2 = \text{kecepatan fluida 2 (m/s)}$$

$$\rho_1 = \text{rapat massa fluida 1 (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_2 = \text{rapat massa fluida 2 (kg/m}^3\text{)}$$

Berdasarkan persamaan (1) dapat dilihat bahwa luas penampang dan kecepatan aliran fluida adalah konstan sepanjang lintasan yang dilewatinya.

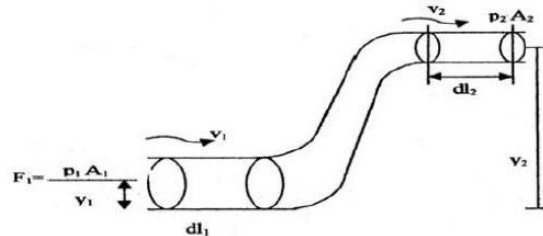
### **B. Persamaan *Bernoulli***

Pada mekanika fluida terdapat persamaan yang menyatakan bahwa “kecepatan pada aliran fluida akan berpengaruh pada tekanan, jika kecepatan pada aliran fluida meningkat maka akan terjadi penurunan tekanan pada aliran itu”, persamaan ini disebut dengan persamaan *Bernoulli*. Persamaan *Bernoulli* juga menyatakan bahwa pada aliran tertutup jumlah energi pada setiap titik yang berbeda akan memiliki besar yang sama saat aliran tersebut mengalir pada lintasan yang sama. Fluida akan memiliki tekanan yang besar di suatu titik ketika kelajuan aliran yang terjadi kecil. Sebaliknya, fluida akan memiliki tekanan yang kecil di suatu titik ketika kelajuan aliran yang terjadi besar.

Terdapat dua bentuk persamaan *Bernoulli* yang sudah disederhanakan yaitu persamaan yang digunakan untuk aliran tak termampatkan (*Incompressible Flow*) dan persamaan yang digunakan untuk fluida termampatkan (*Compressible Flow*). Aliran tak termampatkan (*Incompressible Flow*) akan memenuhi persamaan *Bernoulli* apabila aliran tersebut mengalir dengan *steady state* dan tidak mengalami gesekan.

Bentuk persamaan energi (*head*) yang terdiri dari kecepatan aliran ( $v$ ), tekanan ( $p$ ) dan ketinggian ( $h$ ) pada fluida di dalam pipa di mana fluida tersebut bersifat *incompressible* atau tidak kental yang mengalir tidak pada

aliran turbulen. Aliran fluida yang mengalir pada ketinggian yang berbeda dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Perbedaan Ketinggian Pada Pipa  
(Sumber:Helmizar, 2010)

*Head* ketinggian adalah faktor yang menentukan besar energi potensial yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida pada ketinggian tertentu. *Head* kecepatan adalah faktor yang menentukan besar energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida pada ketinggian tertentu. *Head* tekanan adalah energi aliran yang mempunyai besar yang sama dengan tekanan dari fluida akibat perbedaan ketinggian.

### 3.2.4 Sifat-Sifat Fluida

Semua fluida sejati mempunyai atau menunjukkan sifat-sifat atau karakteristik-karakteristik yang penting. Diantaranya adalah kerapatan (*density*), laju aliran massa, dan viskositas.

#### A. Kerapatan (*density*)

Kerapatan(*density*) merupakan jumlah atau kuantitas dari suatu zat. Nilai kerapatan (*density*) dapat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur, maka kerapatan suatu fluida semakin berkurang karena disebabkan gaya kohesi dari molekul-molekul fluida semakin berkurang. Kerapatan (*density*) dapat dinyatakan dalam tiga bentuk:

1. *Mass density* ( $\rho$ )
2. Berat jenis (*specific weight*) dengan simbol  $\gamma$ .
3. *Specific gravity* (s.g)

1. *Mass density* ( $\rho$ ) satuan dalam SI adalah  $\text{kg/m}^3$ .

Mass density adalah ukuran untuk konsentrasi zat tersebut. Sifat ini ditentukan dengan cara menghitung ratio massa zat yang terkandung dalam suatu bagian tertentu terhadap volume bagian tersebut. Hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

$\rho$  = massa *density* ( $\text{kg/m}^3$ ).

m = massa fluida (kg)

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

2. Berat jenis (*specific weight*) dengan symbol  $\gamma$ .

Berat spesifik adalah massa jenis dari suatu zat yang dipengaruhi gaya tarik bumi atau gravitasi. satuan dalam SI adalah N/m. Jadi hubungannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\gamma = \rho \cdot g \dots \dots \dots (3)$$

Dengan :

$\rho$  = massa *density* ( $\text{kg/m}^3$ ).

g = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

3. Spesifik Gravity (s.g)

Spesifik Gravity adalah perbandingan antara kerapatan suatu zat dengan kerapatan air. Spesifik gravity tidak mempunyai satuan.

$$s.g = \frac{\rho}{\rho_w} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan:

s.g = *specific gravity*

$\rho$  = massa *density* ( $\text{kg/m}^3$ ).

$\rho_w$  = massa *density* air ( $\text{kg/m}^3$ ).

## B. Laju Aliran massa

Laju aliran massa fluida yang mengalir dapat diketahui dengan persamaan dibawah ini:

$$\frac{l}{m} = \rho \times V \times A \dots\dots\dots (5)$$

Atau

$$\frac{l}{m} = \frac{v \times A}{\frac{l}{v}} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan:

$$\frac{l}{m} = \text{Laju aliran massa (kg/s)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran fluida (m/s)}$$

$$\frac{l}{v} = \text{Volume jenis (m}^3\text{/kg)}$$

$$\rho = \text{Massa density (kg/m}^3\text{)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

## C. Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume) yang melewati suatu penampang per satuan waktu. Satuan dalam SI nya adalah m<sup>3</sup>/s.

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (7)$$

Dari persamaan kontinuitas didapat:

$$Q = v \cdot A \dots\dots\dots (8)$$

Maka:

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan:

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots (10)$$

Dengan memasukkan nilai A maka didapat:

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi D^2} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan:

$$Q = \text{Debit Aliran (m}^3\text{/s)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/s)}$$

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

V = Volume fluida (m<sup>3</sup>)

D = Diameter pipa (m)

#### D. Viskositas

Viskositas adalah ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan perubahan bentuk. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur, hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat cair tersebut. Viskositas dibagi menjadi dua macam yaitu: viskositas dinamik atau viskositas mutlak atau *absolute viscosity* dan viskositas kinematik.

##### 1. Viskositas Dinamik atau Viskositas Mutlak atau *Absolute Viscosity*

Viskositas dinamik adalah sifat fluida yang menghubungkan tegangan geser dengan gerakan fluida. Viskositas dinamik tampaknya sama dengan Ratio tegangan geser terhadap gradien kecepatan.

$$\mu = \frac{\tau}{du/dy} \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{Satuan dalam SI } \mu = \frac{N/m^2}{(m/s)/m} = \frac{N.s}{m^2} = \frac{kg}{m.s}$$

Dengan:

$\mu$  = viskositas dinamik (kg/m.s).

$\tau$  = tegangan geser (N/m<sup>2</sup>).

$du/dy$  = gradien kecepatan ((m/s)/m).

##### 2. Viskositas kinematik

Viskositas kinematik adalah perbandingan antara viskositas dinamik dengan kerapatan fluida. Dalam system SI satuan viskositas kinematik adalah m<sup>2</sup>/s.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Satuan dalam SI } v = \frac{kg/m.s}{kg/m^3} = \frac{m^2}{s}$$

Dengan:

$\nu$  = Viskositas kinematik ( $m^2/s$ )

$\mu$  = Viskositas dinamik ( $kg/m.s$ ).

$\rho$  = Massa *density* ( $kg/m^3$ ).

Viskositas kinematik dipengaruhi oleh suhu fluida. Semakin tinggi suhu fluida, maka viskositas kinematiknya semakin rendah. Berikut adalah tabel sifat fisik air dalam satuan SI.

Tabel 3.1 Sifat Fisik Air dalam Satuan SI

Temperature T (°C)	Specific Weight $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	Density $\rho$ ( $kg/m^3$ )	Dynamic Viscosity $\mu$ ( $\times 10^{-3}kg/m.s$ )	Kinematic Viscosity $\nu$ ( $\times 10^{-3}m^2/s$ )	Surface Tension $\sigma$ ( $N/m$ )	Modulus of Elasticity E ( $\times 10^9N/m.s$ )	Vapor Pressure $P_v$ $kN/m^2$
0	9.805	999.8	1.781	1.785	0.0765	1.98	0.61
5	9.807	1000.0	1.518	1.519	0.0749	2.05	0.87
10	9.804	999.7	1.307	1.306	0.0742	2.10	1.23
15	9.798	999.1	1.139	1.139	0.0735	2.15	1.70
20	9.789	998.2	1.002	1.003	0.0728	2.17	2.34
25	9.777	997.0	0.890	0.893	0.0720	2.22	3.17
30	9.764	995.7	0.798	0.800	0.0712	2.25	4.24
40	9.730	922.2	0.653	0.658	0.0696	2.28	7.38
50	9.689	988.0	0.547	0.553	0.0679	2.29	12.33
60	9.642	983.2	0.466	0.474	0.0662	2.28	19.92
70	9.589	977.8	0.404	0.413	0.0644	2.25	31.16
80	9.530	971.8	0.354	0.364	0.0626	2.20	47.34
90	9.466	965.3	0.315	0.326	0.0608	2.14	70.10
100	9.399	958.4	0.282	0.294	0.0589	2.07	101.33

### 3.2.5 Klasifikasi Aliran Fluida

Secara garis besar dapat dibedakan atau dikelompokkan jenis aliran adalah sebagai berikut:

1. Aliran tunak (*steady*)

Suatu aliran dimana kecepataannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu sehingga kecepatan konstan pada setiap titik (tidak mempunyai percepatan)

2. Aliran seragam (*uniform*)

Suatu aliran yang tidak terjadi perubahan baik besar maupun arah, dengan kata lain tidak terjadi perubahan kecepatan dan penampang lintasan.

3. Aliran tidak tunak (*unsteady*)

Suatu aliran dimana terjadi perubahan kecepatan terhadap waktu.



4. Aliran tidak seragam (*non uniform*)

Suatu aliran yang kondisi berubah baik kecepatan maupun penampang berubah.

### 3.3 Bilangan *Reynolds*

Bilangan *Reynolds* pertama kali digunakan oleh ilmuwan *Osborne Reynolds* (1842-1912). Bilangan *Reynolds* adalah perbandingan antara gaya inersia ( $v \rho$ ) terhadap gaya viskositas ( $\mu/L$ ) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Namanya diambil dari *Osborne Reynolds* (1842-1912) yang mengusulkannya pada tahun 1883.

Bilangan *Reynolds* merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam mekanika fluida dan digunakan, seperti halnya bilangan tak berdimensi lain, untuk memberikan kriteria untuk menentukan *dynamic similitude*. Jika dua pola aliran mirip secara geometris, mungkin pada fluida yang berbeda dan laju aliran yang berbeda pula, memiliki nilai bilangan tak berdimensi yang relevan, keduanya disebut memiliki kemiripan dinamis.

Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen.

Persamaan bilangan *Reynolds* yaitu,

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana :

Re= Bilangan *Reynolds*

v = Kecepatan rata-rata fluida yang mengalir (m/s)

d = Diameter pipa (m)

$\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = Viskositas dinamik fluida (m<sup>2</sup>/s)

Viskositas fluida merupakan ukuran ketahanan sebuah fluida terhadap deformasi atau perubahan bentuk. Viskositas dipengaruhi oleh temperatur,

tekanan, kohesi dan laju perpindahan momentum molekularnya. Viskositas zat cair cenderung menurun dengan seiring bertambahnya kenaikan temperatur, hal ini disebabkan gaya-gaya kohesi pada zat cair bila dipanaskan akan mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya temperatur pada zat cair yang menyebabkan berturunnya viskositas dari zat cair tersebut.

Dengan bilangan *Reynolds*, aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga jenis aliran. Jenis-jenis aliran tersebut adalah,

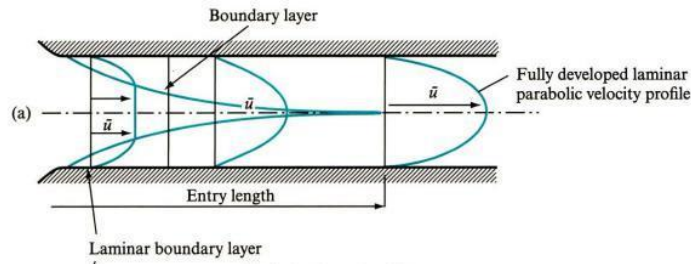
1. Aliran Laminer

Aliran laminer terjadi apabila partikel-partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling berpotongan. Aliran laminer terjadi apabila kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan zat cair mempunyai kekentalan besar. Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau laminer-laminer dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminer iniviskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan. Sehingga aliran laminer memenuhi hukum viskositas *Newton* yaitu :

Apabila dalam sebuah fluida dalam saluran terbuka mempunyai nilai bilangan *Reynolds* kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ) maka aliran tersebut termasuk aliran laminer. Sedangkan dalam saluran tertutup dalam pipa, aliran tersebut merupakan aliran laminer apabila mempunyai bilangan Reynold kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).

Aliran laminer memenuhi pasti hukum viskositas Newton yaitu:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots\dots\dots(15)$$



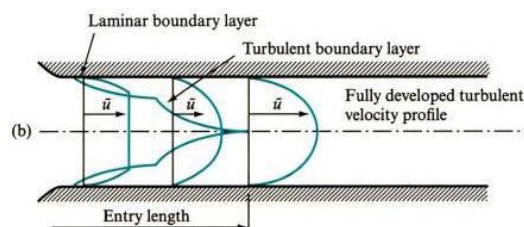
Gambar 3.4 Aliran Laminar

(Sumber : <https://fullinformation-about.netlify.app/aliran-fluida-tunak.html>)

## 2. Aliran turbulen

Pada aliran turbulen, partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Aliran turbulen terjadi apabila kecepatan aliran besar, saluran besar dan zat cair mempunyai kekentalan kecil. Aliran di sungai, saluran irigasi atau drainase dan di laut adalah contoh dari aliran turbulen. Aliran dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian-kerugian aliran.

Apabila dalam sebuah fluida dalam saluran terbuka mempunyai nilai bilangan *Reynold* lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ) maka aliran tersebut termasuk aliran turbulen. Sedangkan dalam saluran tertutup dalam pipa, aliran tersebut merupakan aliran turbulen apabila mempunyai bilangan *Reynold* lebih dari 4000 ( $Re > 4000$ ).



Gambar 3.5 Aliran Turbulen

(Sumber : <https://fullinformation-about.netlify.app/aliran-fluida-tunak.html>)

### 3. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000.

#### 3.4. Tekanan Dalam Fluida

Tekanan ( $p$ ), didefinisikan sebagai gaya persatuan luas, dengan gaya ( $F$ ) dianggap bekerja tegak lurus terhadap luas permukaan ( $A$ ):

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (16)$$

Dengan:

$P$  = Tekanan dalam fluida ( $N/m^2$ )

$F$  = Gaya yang bekerja ( $N$ )

$A$  = Luas permukaan ( $m^2$ )

Tekanan dalam fluida yang mempunyai kerapatan seragam akan bervariasi terhadap kedalaman. Tekanan yang disebabkan oleh cairan pada kedalaman  $h$ , disebabkan oleh berat cairan di atasnya. Sehingga gaya yang bekerja pada luasan bawah adalah

$$F = m \cdot g \dots \dots \dots (17)$$

Dengan:

$F$  = Gaya yang bekerja ( $N$ )

$m$  = Massa ( $kg$ )

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan adalah manometri, yaitu alat yang melibatkan kolom cairan dalam tabung-tabung tegak dan miring.

#### 3.5. Pompa Sentrifugal

Pompa merupakan pesawat angkut yang bertujuan untuk memindahkan zat cair melalui saluran tertutup. Pompa menghasilkan suatu tekanan yang sifatnya

hanya mengalir dari suatu tempat ke tempat yang bertekanan lebih rendah. Atas dasar kenyataan tersebut maka pompa harus mampu membangkitkan tekanan fluida sehingga dapat mengalir atau berpindah. Sedangkan pompa sentrifugal adalah suatu mesin yang mengubah energi mekanik dalam bentuk kerja poros menjadi energi fluida. Pompa sentrifugal mempunyai sebuah *impeller* (baling-baling) untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeller di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeller, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian juga head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk volut (spiral) dikelilingi impeller dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Di dalam nosel ini sebagian head kecepatan aliran diubah menjadi head tekanan. Jadi impeller pompa berfungsi memberikan kerja kepada zat cair sehingga energi yang dikandungnya menjadi bertambah besar.