

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang.**

Dalam sebuah aliran fluida pasti mempunyai jenis aliran tertentu. Aliran ini biasanya dibedakan menjadi aliran laminar dan turbulen, serta transisi. Cara menentukan jenis aliran pada suatu fluida dapat dilakukan melalui pengamatan, dan perhitungan. Dengan pengamatan, apabila aliran tersebut terlihat bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinu dan tidak saling berpotongan. Sedangkan aliran turbulen terlihat jika alirannya tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Dengan perhitungan, menggunakan persamaan Bilangan Reynolds ( $Re$ ).

Visualisasi aliran merupakan suatu metoda untuk mendemonstrasikan bentuk-bentuk aliran di dalam maupun di luar saluran. Aliran ini dapat dilihat secara langsung sehingga bisa menentukan jenis aliran yang terjadi. Alat yang digunakan yaitu Osborne Reynolds dengan pembagian bilangan reynold, yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen.

Karena keterbatasan alat yang tersedia pada Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian, Serta telah tersedia nya alat uji Osborne Reynolds yang belum terbukti dapat digunakan untuk pratikum maka perlu dilakukan pengujian alat uji Osborne Reynolds tersebut guna untuk mendapatkan jenis aliran laminar, transisi, dan turbulen. Oleh karena itu Berdasarkan Latar Belakang tersebut, maka penulis tertarik melakukan “Pengujian Alat Uji Osborne Reynolds Di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam pengujian alat ini adalah bagaimana proses kerja alat *osborne reynold* apakah dapat digunakan untuk pratikum di **Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian**

### **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

#### **A. Tujuan Penelitian.**

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengerti prinsip dasar bilangan Reynold ( $Re$ ) dan Fenomena aliran fluida dalam pipa.
- b. Untuk mengetahui apakah alat uji Osborne Reynolds tersebut bisa digunakan sebagai alat uji praktikum pada mata kuliah mekanika fluida.

#### **B. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari tugas skripsi ini dengan judul **“pengujian alat uji osborne reynold menggunakan pipa horizontal dengan ukuran 1 inch”**

- a. Dapat Mengetahui Bentuk aliran dengan menggunakan alat uji Reynold menggunakan pipa transparan
- b. Dapat menghitung Angka Reynolds ( $Re$ ) pada pipa transparan 1 Inchi
- c. Bagi penulis dan pembaca dapat memberikan informasi sebagai pengetahuan, pengembangan serta penyempurnaan alat uji aliran Osborne Reynolds
- d. Mampu memberikan pengetahuan baru yang berguna dan bermanfaat dalam pengembangan ilmu aliran.
- e. Memberikan informasi kepada dunia pendidikan.

### **1.4 Batasan Masalah.**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini :

- a. Fluida yang di gunakan adalah air.
- b. Alat yang diuji osborne reynold dengan model pipa Horizontal dengan ukuran 1 inch
- c. Pengukuran laju aliran air menggunakan alat osborne reynold

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Bilangan Reynolds dalam mekanika fluida adalah rasio antara gaya inersia ( $\rho v^2$ ) terhadap gaya viskos ( $\mu/L$ ) yang mengkuantifikasikan hubungan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran yang berbeda, misalnya laminar dan turbulen. Namanya diambil dari Osborne Reynolds (1842-1912) yang mengusulkannya pada tahun 1883. Bilangan Reynold merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang paling penting dalam Mekanika Fluida.

Contoh Penelitian terdahulu yang juga meneliti tentang pengujian alat uji Osborne Reynolds menjadi salah satu uji acuan atau pedoman dalam melakukan penelitian ini, Sebagai Berikut:

1. Muhammad Taufik (2011) Meneliti dengan judul “pembuatan dan Pengujian Osborne Reynolds Apparatus Pipa Horizontal” Fakultas Teknik Universitas Andalas. Tujuan dari penelitian adalah Membuat dan melakukan pengujian alat praktikum Osborne Reynolds Apparatus dengan pipa Horizontal. Mendapatkan bilangan Reynolds sesuai dengan profil aliran yang terjadi pada pipa horizontal. Hasil Penelitian ini diambil bahwa Ketinggian air dalam tangki dan besar bukaan katup akan mempengaruhi kecepatan aliran pipa. Semakin besar kecepatan aliran pipa semakin besar pula nilai Bilangan Reynolds yang didapatkan sehingga akan mempengaruhi jenis aliran Bilangan Reynolds.
2. Prediyanto (2014) Meneliti dengan judul “Rancang Bangun Alat Uji Aliran Osborne Reynolds Apparatus” Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Tujuan dari penelitian dengan

menggunakan pipa Horizontal Untuk mengetahui dan mendapatkan bentuk-bentuk aliran sesuai dengan bilangan *reynold*. yaitu aliran *laminar*, *transisi*, dan *turbulen*. Hasil Penelitian ini Pembuatan alat uji aliran *osborne reynolds apparatus* dengan menggunakan pipa vertikal ini dapat bekerja dan di gunakan di laborotorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hasil Penelitian Karakteristik bentuk-bentuk aliran sesuai dengan bilangan reynolds. yaitu aliran laminar, transisi, dan juga turbulen.

3. Zulfikran (2005) Meneliti dengan Judul “Merancang Bangunan Alat Uji Aliran Osborne Reynold Apparatus” Fakultas Teknik Universitas Andalas. Tujuan penelitian ini Merancang Osborne Reynold Apparatus Menggunakan pipa kaca diameter 1 cm. Mengamati korelasi antara pengamatan secara teoritis dan visual pada masing-masing pipa yang diuji. Menganalisis pengaruh perubahan diameter terhadap bilangan Reynolds dan faktor gesekan yang akan berdampak pada karakteristik aliran fluida yang terbentuk. Hasil Penelitian karakteristik dan jenis profil aliran pada saluran tertutup merupakan faktor penting dalam proses pengaliran fluida. bentuk Profil aliran dalam saluran akan mempengaruhi kecepatan pendistribusian fluida
4. Agustin Sintia Suharto(2016) Meneliti dengan judul “pengujian Osborne Reynolds” Fakultas Teknik. Tujuan penelitian adalah. Menentukan atau mengetahui jenis aliran secara visual berdasarkan pola gerakan zat warna tinta dalam alira, Mnentukan bilangan Reynolds berdasarkan debit. Hasil Penelitian percobaan bilangan Reynolds untuk suatu jenis aliran tertentu secara teoritis yaitu Aliran Leminer  $Re < 2000$ . Aliran Transisi  $2000 < Re < 4000$ . Aliran Turbulen  $Re > 4000$
5. Fhyipi (2018) Makalah Persentasi Osborne Reynold Tujuannya Menjelaskan mengenai Percobaan Osborne Reynold. Menjelas kan Fenomena perubahan bentuk aliran tinta dalam fluida didalam pipa. mengetahui cara menentukan bilangan Reynold. Hasil Penelitian Umumnya aliran fluida terdiri atas (1) aliran di dalam saluraan. yaitu aliran yang dibatasi oleh permukaan-permukaan keras dan (2) aliran

sekitar benda yang dikelilingi oleh fluida yang selanjutnya tidak terbatas.

## **2.2 KEASLIAN PENELITIAN**

Penelitian ini memang mempunyai kemiripan dengan penelitian terdahulu tetapi dipertegas lagi terhadap perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya diantara lain yaitu:

1. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian .
2. Dan analisis data juga menggunakan perbandingan keadaan faktual di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Pasir Pengaraian .

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Fluida.

##### 3.1.1 Pengertian Fluida

Fluida adalah zat-zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan bentuk wadah tempatnya atau zat yang akan berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi oleh suatu tegangan geser. Bila berada dalam keseimbangan, fluida tidak dapat menahan gaya tangensial atau gaya geser. Semua fluida memiliki suatu derajat *kompresibilitas* dan memberikan tahanan kecil terhadap perubahan bentuk.

Fluida dapat digolongkan ke dalam cairan atau gas. Perbedaan-perbedaan utama antara cairan dan gas adalah :

- a. Cairan praktis tidak *kompresibel*, sedangkan gas *kompresibel*
- b. Cairan mengisi volume tertentu dan mempunyai permukaan-permukaan bebas sedangkan gas dengan massa tertentu mengembang sampai mengisi seluruh bagian wadah tempatnya.

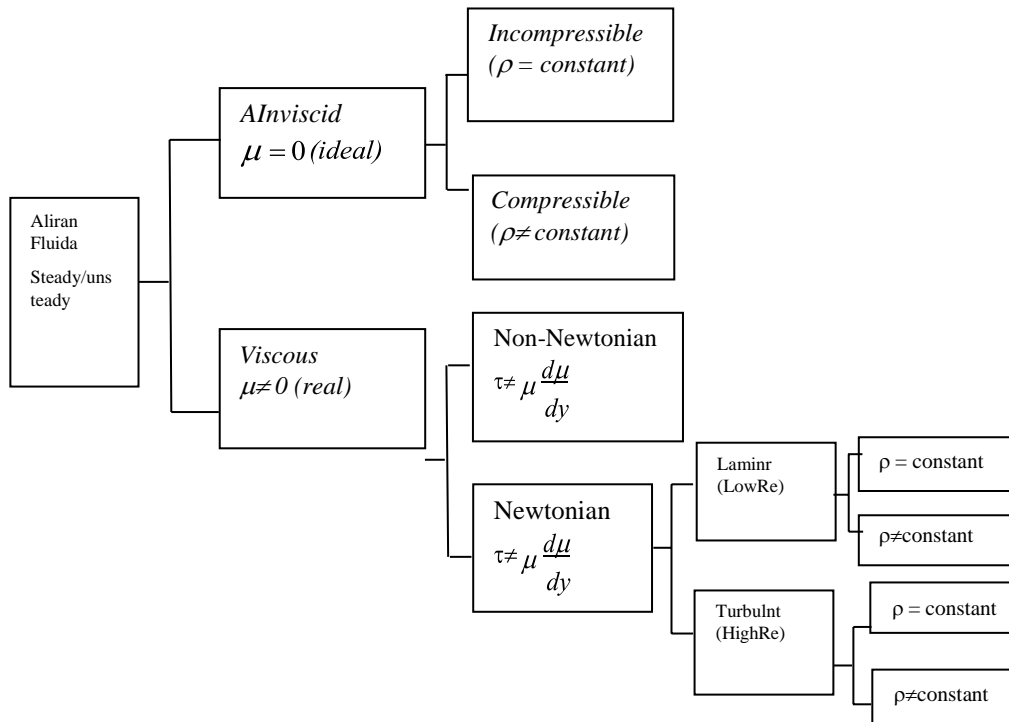
Fluida memiliki sifat tidak menolak terhadap perubahan bentuk dan kemampuan untuk mengalir (atau umumnya kemampuannya untuk mengambil bentuk dari wadah mereka). Sifat ini biasanya dikarenakan sebagai fungsi dari ketidakmampuan fluida terhadap tegangan geser (*shear stress*) dalam *ekuilibrium* statik. Konsekuensi dari sifat ini adalah hukum Pascal yang menekankan pentingnya tekanan dalam mengkarakterisasi bentuk fluida.

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, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1. Dalam fluida bukan *Newtonian* terdapat hubungan tak linier antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dan laju perubahan bentuk sudut.

### 3.1.2 Klasifikasi Aliran Fluida

Aliran fluida dapat dibedakan menjadi aliran *inviscid* dan *viscous*. Fluida *viscous* diklasifikasikan sebagai fluida *Newtonian* dan fluida *non-Newtonian*. Dalam fluida *Newtonian* terdapat hubungan *linear* antara besarnya tegangan geser yang diterapkan dengan laju perubahan bentuk yang diakibatkan dengan mengikuti hukum *viskositas Newton*.

Aliran fluida pada umumnya diklasifikasikan sebagai berikut:

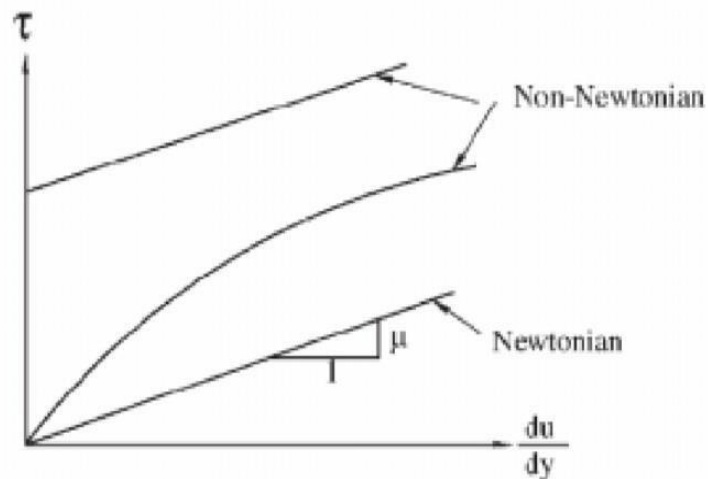


Gambar 3.1 Klasifikasi Aliran Fluida

(sumber:Preridyanto,2014)

### 3.2 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 3.2.



Gambar 3.2 Variasi linear dari tegangan geser terhadap laju regangan geser untuk beberapa jenis fluida

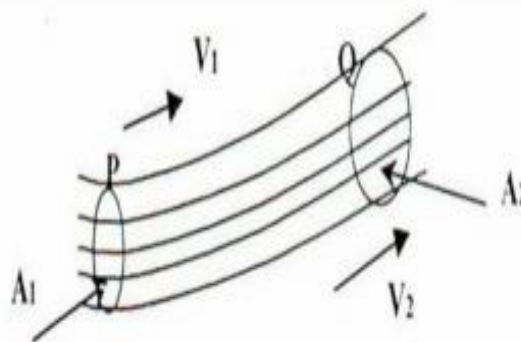
(Sumber: Munson, et al., 2002)



### 3.3 Persamaan Dasar Aliran Fluida

#### 3.3.1 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 3.1 dan gambar 3.3



Gambar 3.3 persamaan kontinuitas di dalam pipa

(Sumber:Helmizar, 2010)

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2$$
$$(\rho \cdot A \cdot v)_1 = (\rho \cdot A \cdot v)_2 \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan:

$A_1$  = luas penampang 1 ( $m^2$ )

$A_2$  = luas penampang 2 ( $m^2$ )

$v_1$  = kecepatan fluida 1 (m/s)

$v_2$  = kecepatan fluida 2 (m/s)

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

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

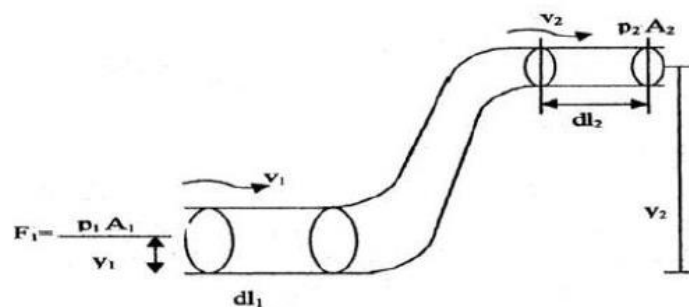
Berdasarkan persamaan 3.1 dapat dilihat bahwa luas penampang dan kecepatan aliran fluida adalah konstan sepanjang lintasan yang dilewatinya.

### 3.3.2 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 3.4.



Gambar 3.4 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.

$$\frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 = \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + hl \dots \dots \dots (3.2)$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho \cdot g} = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} hl$$

Keterangan:

P = Tekanan Fluida (N/m<sup>2</sup>)

ρ = Massa Jenis Fluida (kg/m<sup>3</sup>)

g = Percepatan Gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

v = Kecepatan Fluida (m/s)

z = Elevasi (m)

hl = Kehilangan Tekanan (m)

γ = Berat Jenis Fluida (kg/m<sup>2</sup>s<sup>2</sup>)

### 3.4 Karakteristik Dan Jenis Fluida.

Profil aliran pada fluida yang terjadi di dalam pipa akan sangat berhubungan dengan karakteristik dan jenis fluida. Profil aliran pada fluida sangat terpengaruh oleh gaya gesek antara lapisan fluida dengan lapisan fluida atau antara lapisan fluida dengan dinding pipa dan gaya momentum yang terjadi pada fluida sehingga menyebabkan fluida tersebut dapat mengalir di dalam pipa. Jenis aliran pada fluida dibagi menjadi 4 berdasarkan sifat dari gerakan fluida yaitu uniform flow, non-uniform flow, stedy flow dan non-stedy flow. Aliran fluida dikatakan sebagai uniform flow apabila vektor-vektor kecepatan yang terjadi pada aliran fluida selalu sama di semua titik.

Aliran fluida dikatakan sebagai non-uniform flow apabila vektor-vektor kecepatan yang terjadi pada aliran fluida selalu berubah-ubah di semua titik yang terdapat pada lintasan aliran fluida. Aliran fluida dikatakan sebagai steady flow apabila kecepatan pada aliran fluida tidak terpengaruh oleh waktu sehingga fluida mempunyai kecepatan yang tetap dan stabil di semua titik yang terdapat pada lintasan aliran fluida. Aliran fluida dikatakan sebagai non-steady flow apabila kecepatan pada aliran fluida terpengaruh oleh waktu sehingga fluida mempunyai kecepatan yang berubah-ubah di semua titik yang terdapat pada lintasan aliran fluida.

Jenis fluida dibagi menjadi 2 berdasarkan pengaruh dari tekanan terhadap volume yaitu fluida tak termampatkan (*incompressible*) dan fluida termampatkan (*compressible*). Fluida massa jenisnya tidak ikut berubah ketika terjadi perubahan tekanan maka fluida ini disebut fluida tak termampatkan (**incompressible**), sedangkan fluida yang massa jenisnya ikut berubah ketika terjadi perubahan tekanan maka fluida ini disebut fluida termampatkan (*compressible*). Jenis fluida dibagi menjadi 2 berdasarkan kekentalannya yaitu fluida nyata (*viscous fluid*) dan fluida ideal (*non-viskos fluid*). Jenis aliran pada fluida dibagi menjadi 3 berdasarkan pola aliran yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen.

### **3.4.1 Aliran Laminar**

Aliran laminar adalah aliran fluida yang salah satu lapisannya bergerak dengan lancar di dalam lapisan atau laminar pada lapisan yang berdekatan dan saling bertukar momentum pada waktu yang bersamaan secara molekuler. Ketidakstabilan pada aliran laminar hilang karena pengaruh dari gaya geser viskos yang terjadi di mana gaya viskos ini menahan gerakan relatif yang terjadi pada lapisan fluida yang berdekatan. Aliran laminar memiliki bilangan Reynolds yang kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).



Gambar 3.5 Aliran Laminar  
(Sumber:Helmizar, 2010)

### 3.4.2 Aliran Transisi

Aliran transisi adalah aliran fluida yang terjadi ketika aliran fluida berubah dari aliran laminar ke aliran turbulen. Aliran transisi memiliki bilangan Reynolds yang berada antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).

Gambar 3.6 Ilustrasi Aliran Transisi



(Sumber:Helmizar, 2010)

### 3.4.3 Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang bergerak dengan lintasan yang tidak teratur yang menyebabkan pertukaran momentum pada suatu bagian fluida ke bagian fluida lain. Aliran turbulen dengan skala kecil terdiri dari beberapa pusaran kecil yang bergerak dengan cepat sehingga mengubah energi dari energi mekanik menjadi energi tak mampu balik, aliran turbulen juga dapat berskala besar di mana aliran ini terdiri dari beberapa pusaran besar. Fluktuasi kecil yang ada pada aliran turbulen skala kecil terjadi dengan frekuensi yang tinggi. Intensitas turbulensi sangat dipengaruhi oleh bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds pada aliran turbulen lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ).

Aliran akan berubah dan bertransisi dari aliran laminar menjadi aliran turbulen. Pada keadaan aliran turbulen terjadi pembangkitan tegangan geser akibat dari turbulensi yang terjadi di seluruh bagian fluida sehingga terjadi



penurunan tekanan pada aliran fluida yang disebut kerugian aliran.

Gambar 3.7 aliran turbulen  
(Sumber : Helmizar, 2010)

### 3.4.4 Debit Aliran (Q)

Debit adalah kecepatan aliran fluida yang menentukan besar volume fluida di dalam pipa per satuan waktu. Persamaan dari debit dapat dilihat pada persamaan 3.4

$$Q = \frac{\pi}{4} D_{pipa}^2 \cdot v \dots \dots \dots (3.4)$$

### Kecepatan aliran fluida ( v )

Kecepatan aliran fluida adalah besar kecepatan fluida untuk mengalir atau bergerak di dalam pipa per satuan luas. Persamaan dari kecepatan aliran fluida dapat dilihat pada persamaan 3.5

$$v = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot D_{pipa}} = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

Q = Debit Aliran ( $m^3/s$ )

v = Kecepatan Fluida (m/s)  $D_{pipa}$  = Diameter Dalam Pipa (m)

$\rho$  = Massa Jenis Fluida ( $kg/m^3$ )

$Re$  = Bilangan Reynolds

$\mu$  = Viskositas Dinamik Fluida (kg/m.s) atau (N.s/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

### 3.4.5 Bilangan Reynolds

Jenis aliran fluida dapat diketahui melalui bilangan Reynolds ( $Re$ ). Bilangan Reynolds tidak memiliki dimensi dan sangat berpengaruh pada aliran fluida. Persamaan dari bilangan Reynolds dapat dilihat pada persamaan 3.3

$$Re = \frac{\rho \cdot D_{pipa} \cdot v}{\mu} \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

$v$  = Kecepatan Fluida (m/s)

$D_{pipa}$  = Diameter Dalam Pipa (m)

$\rho$  = Massa Jenis Fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = Viskositas Dinamik Fluida (N.s/m<sup>2</sup>)

Profil aliran fluida laminar, transisi atau turbulen dapat diketahui melalui besar angka Reynolds yang terjadi pada aliran fluida saat mengalir di dalam pipa

## 3.5 Sistem Perpipaan

### 3.5.1 pengertian pipa

Pipa adalah media pemindah fluida tertutup yang umumnya memiliki penampang berbentuk lingkaran. Pipa umumnya digunakan untuk memindahkan fluida fasa cair atau gas dengan tekanan di atas tekanan atmosfer ataupun di bawah tekanan atmosfer. Pipa dikatakan berkerja dalam tekanan yang sama dengan atmosfer ketika fluida di dalam pipa tidak terisi secara penuh sehingga aliran yang terjadi menjadi aliran saluran terbuka

karena fluida fasa cair memiliki permukaan bebas yang memiliki tekanan yang sama dengan tekanan atmosfer.

Aliran fluida yang memiliki kekentalan atau viskositas disebut dengan aliran viskos. Viskositas pada aliran fluida akan terjadi pada temperatur tertentu. Viskositas yang terdapat pada fluida fasa cair akan menimbulkan tegangan geser pada saat fluida tersebut mengalir yang akan berdampak pada perubahan sebagian energi aliran pada fluida menjadi energi panas, energi suara dan energi yang lainnya

### 3.6 Viskositas

Kekentalan (viskositas) suatu fluida adalah sifat yang menentukan besar daya tahannya terhadap gaya geser atau ukuran penolakan sebuah fluida terhadap perubahan bentuk di bawah tekanan shear. Kekentalan terutama diakibatkan oleh saling-pengaruh antara molekul-molekul fluida. Viskositas menggambarkan penolakan dalam fluida kepada aliran dan dapat dijadikan sebagai sebuah cara untuk mengukur gesekan fluida. *Viskositas* dinyatakan dalam dua bentuk yaitu:

1) *Viskositas* Dinamik ( $\mu$ )

Merupakan perbandingan tegangan geser dengan laju perubahannya, besarnya *viskositas* dinamik untuk air bervariasi sesuai dengan temperaturnya, untuk temperatur kamar (26,5° C) besarnya *viskositas* dinamik adalah  $8,6 \times 10^{-4}$  kg/ms. Tabel 2.1 pada lampiran memberikan sifat-sifat air sesuai dengan temperatur.

2) *Viskositas* Kinematik ( $\nu$ )

Merupakan perbandingan viskositas dinamik ( $\mu$ ) terhadap kerapatan (*densitas*) massa ( $\rho$ ) :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots(3.5)$$



Viskositas kinematik muncul dalam banyak penerapan, misalnya dalam bilangan *Reynolds* yang tanpa dimensi. *Viskositas* kinematik untuk air pada temperatur 26,5° C adalah  $8,6 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ .

**Tabel 2.1** Tabel viskositas

Temperature T (°C)	Specific Weight $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Density <sup>a</sup> $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Dynamic Viscosity <sup>b</sup> $\mu$ ( $\times 10^{-3} \text{ kg/m}\cdot\text{s}$ )	Kinematic Viscosity $\nu$ ( $\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ )	Surface Tension <sup>c</sup> $\sigma$ (N/m)	Modulus of Elasticity <sup>a</sup> E ( $\times 10^9 \text{ N/m}^2$ )	Vapor Pressure P <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
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	992.2	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

(Sumber :Anugrah Handi ,2014)

### 3.7 Tekanan (*Pressure*)

Tekanan atau pressure berhubungan dengan volume dan suhu. Jika dalam suatu volume memiliki tekanan yang tinggi maka suhu akan meningkat. Tekanan fluida menyebar ke semua arah dengan kekuatan yang sama serta tegak lurus pada bidang. Tekanan dilambangkan dengan P yang diartikan sebagai gaya per satuan luas, di mana gaya (F) diasumsikan berkerja secara tegak lurus terhadap luas permukaan A. Rumus dari tekanan (pressure) dapat ditunjukkan pada persamaan 3.5 berikut:

$$P = \frac{F}{A} \left[ \frac{N}{M^2} \right] \dots \dots \dots (3.5)$$

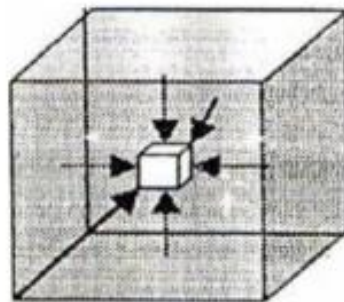
Keterangan:

$P = \text{Tekanan (N/m}^2\text{)}$

$F = \text{Gaya (N)}$

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

Semua yang menggunakan fluida sangat memerlukan konsep tekanan. Sebuah percobaan menghasilkan fakta bahwa fluida akan memberikan tekanan kesemua arah, sebagai contoh para perenang yang merasakan tekanan pada 15 seluruh tubuhnya yang disebabkan oleh tekanan air. Fluida diam akan memberikan tekanan yang sama kesemua arah pada titik tertentu seperti pada gambar 3.8 yang mengilustrasikan fluida ketika berada di dalam suatu kubus berukuran kecil di mana gaya gravitasi yang terjadi diabaikan. Tekanan fluida yang terjadi pada suatu sisi harus sama besar dengan tekanan fluida pada sisi yang berlawanan.



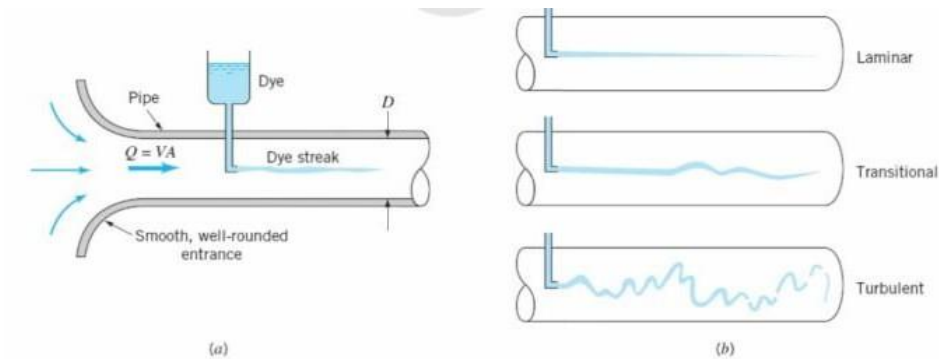
Gambar 3,8 Fluida yang diam akan memiliki tekanan yang sama ke semua arah.  
(Helmizar, 2010)

### 3.8 Sifat- Sifat Umum Aliran Pipa

#### 2.8.1. Aliran Laminar dan Aliran Turbulen

Aliran fluida di dalam sebuah pipa mungkin merupakan aliran *laminar* atau aliran *turbulen*. *Osborne Reynolds* (1842-1912), ilmuwan dan ahlimatematika *Inggris*, adalah orang yang pertama kali membedakan dan mengklasifikasikan dua aliran ini dengan menggunakan peralatan sederhana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.9. Aliran *laminar* terjadi pada partikel-partikel (massa molar yang kecil) fluida bergerak dalam lintasan-

lintasan yang sangat tidak teratur, yang mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian ke bagian lainnya. Turbulensi membangkitkan tegangan geser yang lebih besar diseluruh fluida dan mengakibatkan lebih banyak ketakmampu balikan (*irreversibilitas*) atau kerugian



Gambar 3.9  
 (a) Eksperimen untuk mengilustrasikan jenis aliran (b) Guratan zatpewarna yang khas.  
 (Sumber: Munson,et al., 2002)

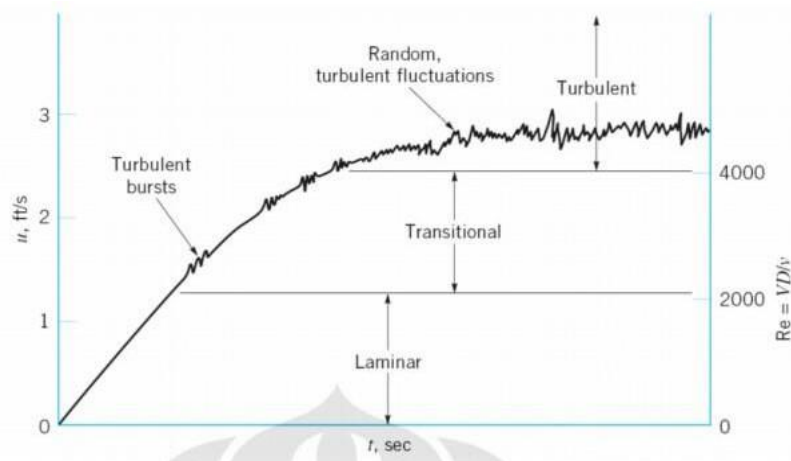
Kecenderungan ke arah ketidakstabilan dan turbulensi diredam habis oleh gaya-gaya *viskos* yang memberikan tahanan terhadap gerakan relatif lapisan- lapisan fluida yang bersebelahan. Aliran *laminar* mengikuti hukum *Newton* tentang tegangan *viskositas*, yang menghubungkan tegangan geser dengan laju perubahan bentuk sudut. Aliran *laminar* tidak stabil dalam situasi yang menyangkut gabungan *viskositas* yang rendah, kecepatan yang tinggi, atau laluan aliran yang besar, serta berubah menjadi aliran *turbulen*. Sifat pokok aliran, yaitu *laminar* atau *turbulen* serta posisi relatifnya pada skala yang menunjukkan pentingnya secara relatif kecenderungan turbulen terhadap kecenderungan *laminar* ditunjukkan oleh bilangan *Reynolds*.

Dalam aliran *turbulen*, partikel-partikel fluida bergerak dalam lintasan- lintasan yang sangat tidak teratur, dengan mengakibatkan pertukaran momentum dari satu bagian fluida ke bagian lainnya. Aliran *turbulen* dapat berskala kecil yang terdiri dari sejumlah besar pusaran- pusaran kecil yang cepat mengubah energi mekanik menjadi ketidakmampubalikan melalui kerja *viskos*, atau dapat berskala besar seperti *vorteks-vorteks* dan pusaran- pusaran yang besar di sungai atau hempasan

udara. Pada umumnya, intensitas turbulensi meningkat dengan meningkatnya bilangan *Reynolds*.

### 2.8.2. Transisi dari Aliran Laminar menuju Aliran Turbulen

Aliran diklasifikasikan menjadi aliran *laminar* atau *turbulen*. Parameter bilangan *Reynolds* atau bilangan *Mach* tergantung pada situasi aliran spesifik. Misalnya, aliran di dalam sebuah pipa dan aliran sepanjang pelat datar dapat *laminar* atau *turbulen*, tergantung pada nilai bilangan *Reynolds* yang terlibat. Untuk aliran *laminar* bilangan *Reynolds* harus kurang dari kira-kira 2100 sedangkan untuk aliran *turbulen* yaitu lebih besar dari kira-kira 4000. Aliransepanjang pelat datar *transisi* antara *laminar* dan *turbulen* terjadi pada bilangan *Reynolds* kira-kira 500.000, di mana suku panjang dalam bilangan *Reynolds* adalah jarak yang diukur dari ujung muka (*leading edge*) pelat tersebut



Gambar 3.8 Transisi dari aliran laminar menjadi turbulen di dalam sebuah pipa.

(Sumber: Munson, et al., 2002)

Aliran sepanjang pipa mula-mula terisi fluida dalam keadaan diam, ketika katup dibuka untuk memulai aliran, kecepatan aliran, dan tentunya

bilangan Reynolds meningkat dari nol (tidak ada aliran) sampai nilai maksimum alirannya tunak seperti pada gambar 3.8. Diasumsikan bahwa proses transien ini cukup lambat sehingga efek tak tunak dapat diabaikan (aliran kuasitunak). Selama periode awal, bilangan Reynolds cukup kecil untuk terjadinya aliran laminar. Setelah beberapa saat, bilangan Reynolds mencapai 2100 dan aliran memulai transisi-nya menuju kondisi *turbulen*. Letupan terputus-putus turbulensi (*burst ofturbulence*) muncul. Dengan meningkatnya bilangan *Reynolds* seluruh aliran menjadi *turbulen*. Aliran tetap *turbulen* selama bilangan *Reynolds* melampaui kira-kira 4000.

Sifat alamiah yang tidak beraturan dan acak adalah ciri khas dari aliran *turbulen*. Karakter dari banyak sifat penting aliran tersebut (penurunan tekanan perpindahan kalor, dan lain-lain) sangat tergantung pada keberadaan dari sifat alamiah dari *fluktuasi* atau keacakan *turbulen* yang ditunjukkan.

### **3.9 Analisis Dimensional Aliran Pipa**

#### **3.9.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aliran dalam Pipa**

Aliran fluida dalam pipa banyak dipengaruhi oleh berbagai macam factor yang mengakibatkan penurunan tekanan atau kerugian tekanan sepanjang aliran pipa tersebut. Yaitu:

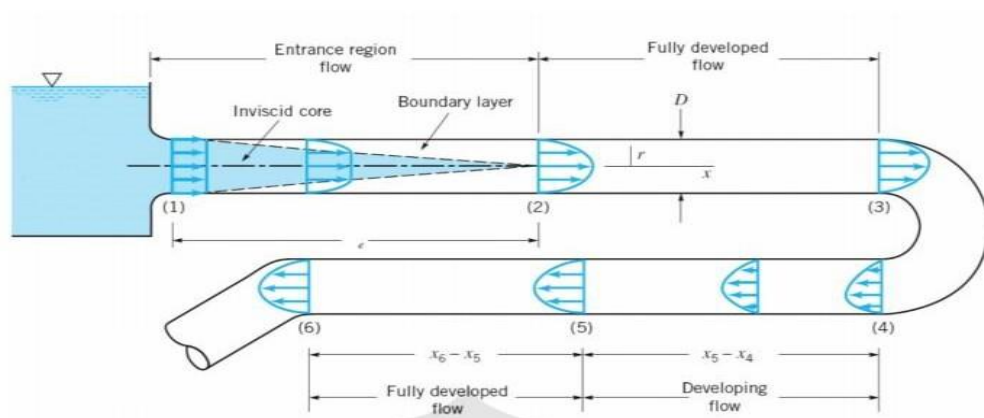
- a. Viskositas, densitas, kecepatan aliran fluida.
- b. Perubahan temperatur ,fluida yang mengubah viskositas dan densitas fluida
- c. Panjang, diameter dalam, pengaruh aliran turbulen, dan kekasaran permukaan pipa.
- d. Posisi dari pada suplai dan tempat masukan fluida yang dihubungkan dengan posisi pompa.
- e. Pengaruh struktur pipa misalnya dalam penambahan yang mempengaruhi aliran.
- f. Jumlah dan jenis belokan dalam sistem pemipaan.

- g. Jumlah dan jenis katup dan sambungan dalam layout pipa.
- h. Kondisi masukan dan keluaran aliran fluida dalam pipa

### 3.9.2 Daerah Masuk dan Aliran Berkembang Penuh

Daerah yang terdapat pada titik awal masuknya fluida pada pipa disebut dengan daerah masuk (*entrance region*) yang dapat dilihat pada gambar 3.10 Seperti yang terlihat pada gambar tersebut, fluida akan memasuki pipa dengan kecepatan yang sama atau seragam pada bagian yang ditunjukkan dengan angka 1. Saat fluida mulai mengalir melewati pipa maka efek viskos yang ada pada fluida akan menyebabkan fluida tersebut tetap menempel pada dinding pipa. Fenomena ini berlaku baik pada fluida cair seperti minyak yang memiliki viskositas yang tinggi ataupun pada fluida gas yang memiliki viskositas yang relatif invisid.

Sebuah lapisan batas akan timbul di seluruh dinding pipa, profil kecepatan awal berubah dengan panjang atau jarak tertentu hingga fluida sampai pada ujung terakhir dari panjang daerah masuk seperti yang terlihat gambar 3.9 yang ditunjukkan dengan angka 2 di mana pada saat itu fluida memiliki profil kecepatan yang relatif tidak berubah. Lapisan batas akan terus menebal hingga memenuhi pipa secara keseluruhan di mana efek viskos adalah hal yang penting pada lapisan ini. Efek viskos dapat diabaikan apabila fluida berada di luar lapisan batas yaitu berada pada inti *inviscid core* yang mengelilingi garis sumbu dari (1) ke (2). Bentuk dari profil kecepatan akan sangat tergantung dari pola aliran yang terjadi yaitu laminar, transisi dan turbulen.



Gambar 3.10 Daerah masuk aliran sedang berkembang dan aliran berkembangpenuh pada sistem pipa.

(Sumber: Munson,et al., 2002)

Aliran antara (2) dan (3) disebut berkembang penuh (*fully developed*). Setelah gangguan atas aliran berkembang penuh pada bagian (4), aliran secara bertahap mulai kembali ke sifat berkembang penuh (5) dan terus dengan profil ini sampai komponen pipa berikutnya dicapai (6).