

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

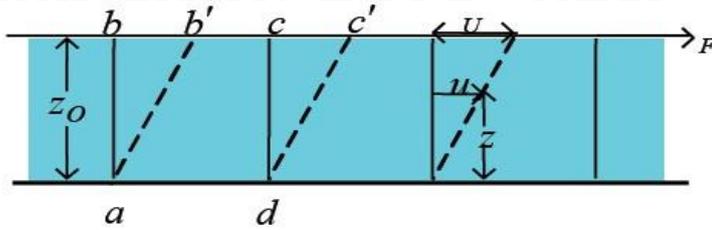
2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian – penelitian sebelumnya mengenai penggunaan *turbulator* telah banyak dikembangkan seperti yang dilakukan oleh Okamoto (1992) tentang efek dari penambahan *rib* pada plat datar dimana didapatkan kesimpulan bahwa ukuran pitch yang paling optimum untuk membentuk aliran turbulen adalah dengan rasio *pitch to height* = 9, 7, 8, 9, 9, dan 9,5 untuk *square ribs*, *semi-elliptic ribs*, *semi-circular ribs*, dan *triangular ribs* ketika digunakan ukuran rasio pitch yang optimum maka intensitas turbulen akan menjadi memanjang ketika menggunakan *square ribs* dan kehilangan tekanan yang paling kecil terjadi pada *semi-elliptic ribs*.

Penelitian lain dilakukan oleh Rahmat (2016) yang meneliti pengaruh penambahan *turbulator* pada instalasi pemanas air tenaga matahari pelat ganda, pada penelitian tersebut dengan adanya *turbulator* menambahkan koefisien perpindahan panas dengan meningkatkan jumlah pusaran yang ada dalam suatu aliran.

2.2 Fluida

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalami perubahan bentuk secara terus menerus yang relatif kecil dapat pula didefinisikan sebagai suatu zat yang mengalir, fluida dapat berbentuk cair dan gas fluida memperlihatkan fenomena dari zat yang terus menerus berubah apabila mengalami tegangan geser, Sifat fluida secara umum bila dibedakan dari kemampatannya (*compressibility*), maka bentuk fluida terbagi dua jenis, yaitu; *compressible fluid* dan *incompressible fluid*. *compressible fluid* adalah fluida yang tingkat kerapatannya dapat berubah-ubah ($\rho \neq \text{konstan}$), contohnya; zat berbentuk gas. *Incompressible fluid* adalah fluida yang tingkat kerapatannya tidak berubah atau perubahannya kecil sekali dan Sifat fluida sejati mempunyai atau menunjukkan sifat-sifat atau karakteristik-karakteristik yang penting. Diantaranya adalah kerapatan (*density*), laju aliran massa, viskositas. Kerapatan (*density*) adalah merupakan jumlah nilai kerapatan (*density*) yang dapat dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur maka kerapatan suatu fluida semakin berkurang.



Gambar 2.1 Perubahan bentuk akibat dari penerapan gaya-gaya geser
Sumber: Eriza (1999: 124)

2.3 Aliran Fluida

2.3.1 Klasifikasi Aliran

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

1. Aliran tunak (steady)

Suatu aliran dimana kecepatannya 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 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 dalam kondisi berubah baik kecepatan maupun penampang.

2.3.2 Jenis Aliran

a. Aliran Laminer

Aliran laminer mempunyai nilai bilangan Reynoldsnnya kurang dari 2300, dimana tidak terjadi gejolak dalam aliran ini.

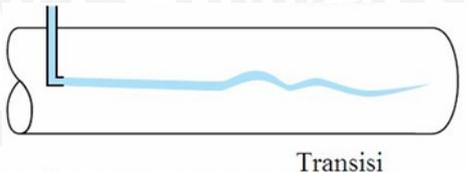


Laminar

Gambar 2.2 Aliran laminer
Sumber: Munson (2006 : 403)

b. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminer ke aliran turbulen. nilai bilangan Reynoldsnya antara 2300 hingga 4000, aliran ini merupakan hasil gejala dari aliran laminar yang terjadi secara terus menerus.



Gambar 2.3 Aliran transisi
Sumber: Munson (2006 : 403)

c. Aliran Turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang bergerak secara acak saling bertabrakan dan menyebabkan pusaran sehingga aliran lebih sulit dideteksi pergerakan antar partikelnya. bilangan Reynoldss dari aliran ini lebih besar dari 4000.



Gambar 2.4 Aliran turbulen
Sumber: Munson (2006 : 403)

2.4 Persamaan Kontinuitas

Didapatkan dari persamaan Bernoulli dimana terjadi pada aliran tertutup.

$$\rho \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho \cdot A_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots \text{(white, 1994:350)} \quad (2-1)$$

disebut persamaan kontinuitas. Jika $\rho_1 = \rho_2$, maka persamaan kontinuitas menjadi:

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots \dots \dots \text{(white, 1994:350)} \quad (2-2)$$

Keterangan :

ρ = Massa jenis fluida (kg/liter)



A = Luas penampang pipa (m^2)

V = Kecepatan aliran fluida (m/s)

2.5. Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Persamaan Bernoulli ideal adalah alirannya konstan sepanjang lintasan dan mengabaikan segala kerugian yang terjadi dalam lintasan fluida. Prinsip Bernoulli adalah peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari

$$\frac{P}{\rho} + \frac{V^2}{g} + Z \dots \dots \dots \text{(Pritchard, 2011 :244) (2-3)}$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis ($kg/liter$)

V = Kecepatan fluida (m/s)

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

z = Ketinggian relatif terhadap suatu referensi (m)

P = Tekanan fluida

2.6. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds merupakan bilangan tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi atau turbulen.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \dots \dots \dots \text{(cengel, 2006:324) (2-4)}$$

Keterangan :

V = Kecepatan fluida yang mengalir (m/s)

d = Diameter dalam pipa (m)

ν = Adalah viskositas kinematik fluida (m^2/s)

2.7 Viskositas

Viskositas adalah kemampuan suatu fluida untuk menahan tegangan geser dan gaya tekan dari luar umumnya satuan yang digunakan dalam SI untuk koefisien viskositas adalah Ns/m^2 atau pascal sekon (Pa.s). Alat yang digunakan untuk mengukur viskositas yaitu *viscometer*.

Rumus viskositas adalah:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \dots\dots\dots \text{(cengel, 2006:47)} \quad (2-5)$$

Keterangan :

τ = Tegangan geser

μ = Viskositas dinamik (Ns.m^{-2})

$\frac{du}{dy}$ = Perubahan sudut

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots \text{(cengel, 2006:48)} \quad (2-6)$$

Keterangan :

ν = Viskositas kinematik (m^2/s)

μ = Viskositas dinamik (Ns.m^{-2})

ρ = Densitas atau massa jenis (kg/m^{-3})

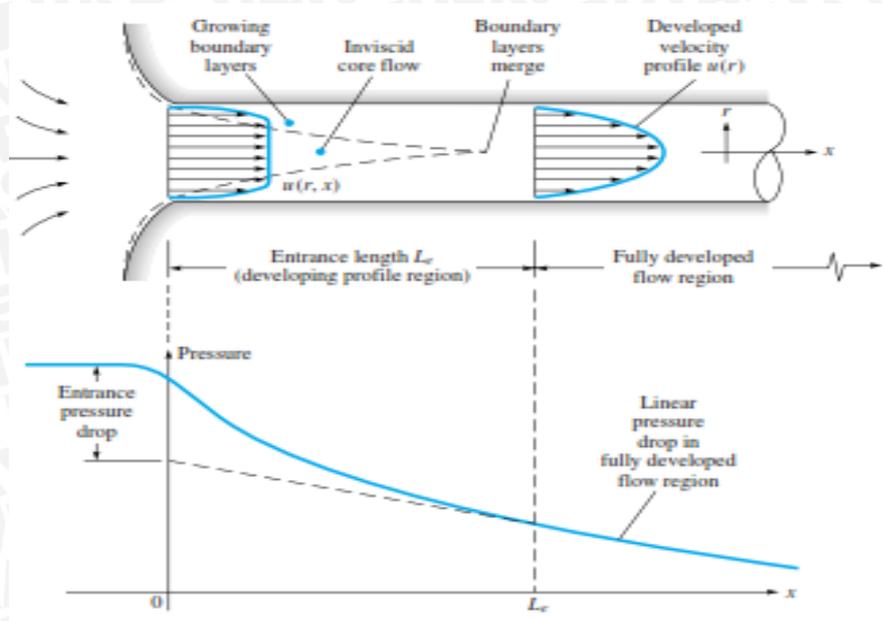
2.8 Aliran dalam Pipa

2.8.1 Hydrodynamic Entry Length

Ketika fluida bergerak melewati pipa, efek viskositas menyebabkannya tetap menempel pada dinding pipa (kondisi lapisan batas tanpa slip) dan lapisan batas (*boundary layer*) akan berkembang dengan meningkatnya x hingga fluida mencapai ujung akhir dari panjang daerah masuk, dimana setelah diluar itu profil kecepatan tidak berubah lagi menurut x . Aliran ini yang disebut dengan aliran berkembang penuh (*fully developed flow*) dan jarak dari arah masukan hingga terjadinya kondisi ini disebut dengan *hydrodynamic entry length* L_h . Profil kecepatan pada daerah aliran kembang penuh berbentuk parabola



untuk aliran laminar, sedangkan untuk aliran turbulen berbentuk lebih datar karena aliran berputar pada arah pipa.



Gambar 2.5 Perubahan Aliran Menuju Bentuk Berkembang Penuh
Sumber : White (1991 : 331)

$$El = 0,06 \cdot Re \cdot Dh \dots\dots\dots (\text{white, 1991:331}) \quad (2-7)$$

Keterangan :

El = Hydrodynamic entry length (m)

Re = Bilangan Reynolds

Dh = Diameter hidrolik (m)

2.8.2 Diameter Hidrolik

Merupakan ukuran yang digunakan untuk menentukan bilangan Reynolds pada pipa yang tidak berbentuk bundar :

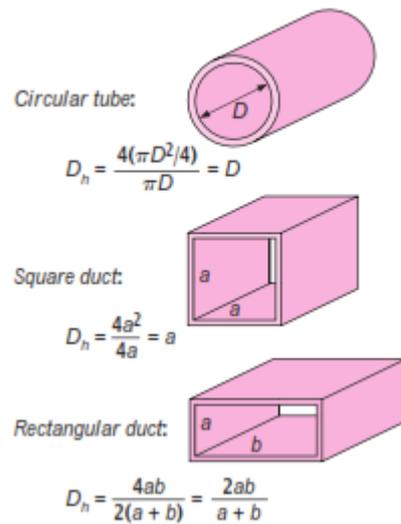
$$D_h = \frac{4A_c}{P} \dots\dots\dots (\text{cengel, 2006:324}) \quad (2-8)$$

Keterangan :

D_h = Diameter hidrolik (m)

A_c = Luas penampang melintang aliran (m^2)

P = Keliling terbasahi (wetted perimeter) (m)



Gambar 2.6 Rumusan diameter hidrolis dalam beberapa penampang
Sumber : Cengel (2006 : 325)

2.9 Vorteks

Vortex merupakan komponen utama pembentuk dalam aliran turbulen, setelah terbentuk, vorteks dapat berpindah, meregang, berputar, dan berinteraksi secara kompleks. Sebuah Vorteks bergerak membawa serta momentum sudut dan linier, energi, dan massa di dalamnya. Aliran vortex cenderung dianggap suatu kerugian dalam suatu aliran fluida, aliran vortex ini dapat berupa aliran vortex bebas atau vortex paksa.

a. Aliran *Vorteks* Bebas :

Pada aliran vortex bebas vortex yang terbentuk merupakan fenomena yang terjadi secara natural tidak ada pengaruh gaya dari luar system.



Gambar 2.7 Aliran *vorteks* bebas
Sumber : girsang (2012)

b. Aliran *Vorteks* Paksa

Terbentuknya vortex karena gaya gaya luar dan berpengaruh kepada fluida contoh gaya- gayanya adalah :

1. Gaya sentrifugal dengan arah menjauhi pusat putaran (F_c)
2. Gaya reaksi zat cair yang mendesak partikel

Bekerjanya gaya selain gaya gravitasi pada air dalam tabung menghasilkan aliran vorteks yang biasa dikenal aliran vortex paksa.



Gambar 2.8 Aliran *vorteks* paksa akibat pengadukan

2.10 Pola pada Aliran Fluida

Merupakan karakteristik dasar yang dimiliki sebuah aliran saat melewati sebuah pipa, atau penampang tertentu. Berikut beberapa jenis pola aliran :

a. Garis Arus (Streamline)

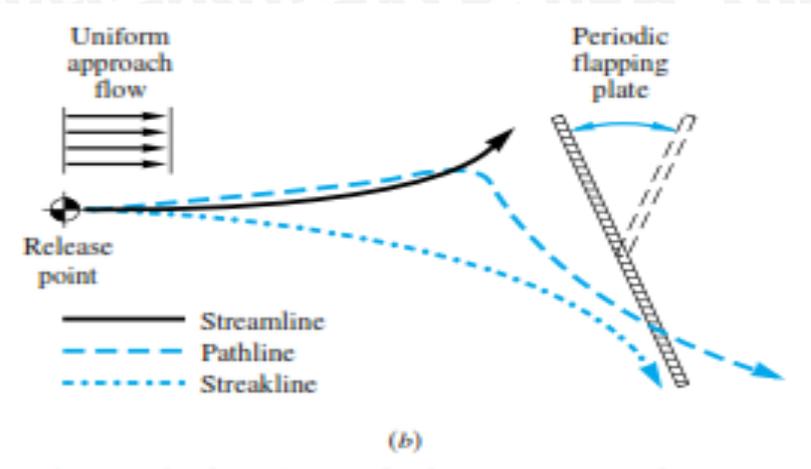
Garis arus adalah garis yang membelah sebuah aliran ke arah tangensial dan bersinggungan langsung dengan vector kecepatannya.

b. Garis Gurat (Streakline)

Merupakan lintasan dari gabungan beberapa partikel yang bergerak setiap detiknya.

c. Lintasan Arus (Pathline)

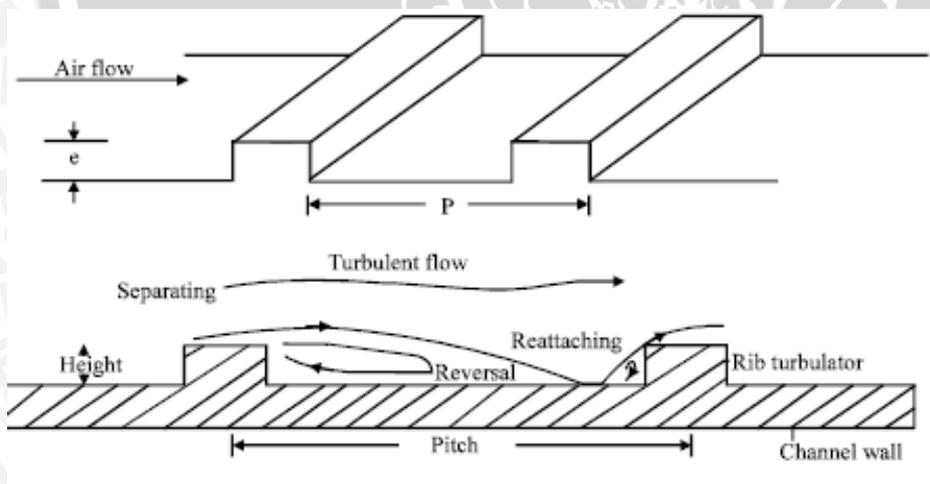
merupakan sebuah lintasan atau daerah yang dilewati oleh sebuah partikel dari satu posisi ke posisi yang lain.



Gambar 2.9 Streamline, pathline, dan streakline
 Sumber : White (1991: 40)

2.11 Turbulator

Turbulator adalah sebuah alat yang digunakan untuk menghasilkan aliran turbulen dengan merubah keadaan permukaan seperti ukuran kekasaran, dan bentuk *ribs*, sehingga dapat memindahkan panas dari temperature tinggi ke temperature rendah secara lebih cepat dan koefisien gesekan juga akan meningkat.



Gambar 2.10 Aliran fluida menabrak *turbulator rib*
 Sumber : Hussain H. Al-Kayiem (2013)

Ketika sebuah aliran fluida menabrak *turbulator* berbentuk *rib* maka aliran akan berpisah dan membentuk sebuah daerah separasi dan *recirculation*, dimana daerah separasi merupakan sebuah daerah dari aliran yang tidak terpengaruh *turbulator* sedangkan *recirculation* merupakan daerah dimana terjadi pusaran dalam sebuah aliran,

dan pada akhir proses ini terjadi *reattaching* yang merupakan daerah pengabungan kembali dua aliran yang terpisah karena adanya *turbulator*.

2.12 Visualisasi Aliran Fluida

Visualisasi aliran merupakan sebuah pengamatan pola aliran yang memanfaatkan perbedaan warna dalam sebuah penampang, umumnya digunakan untuk melihat bentuk pusaran yang terjadi pada sebuah aliran.

2.12.1 Metode-metode Visualisasi Aliran

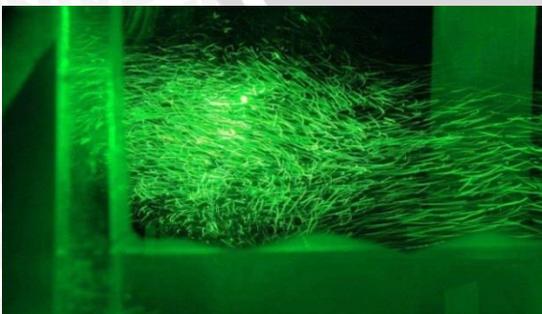
Pada penelitian didalam fluida dinamis, aliran fluida divisualisasikan dengan tiga metode :

1. *Surface flow visualization* adalah metode pengamatan aliran streamline dengan penggambarannya menggunakan permukaan padat.



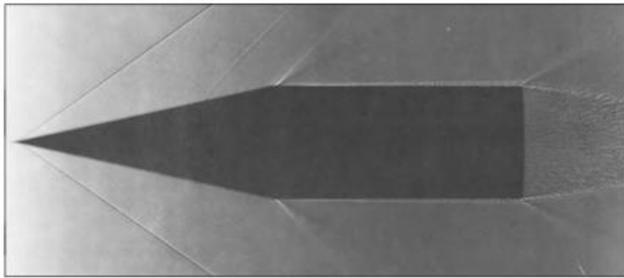
Gambar 2.11 *Surface flow visualization*
Sumber : Liu (2016)

2. Particle tracer methods merupakan salah satu metode penggambaran aliran dengan cara menyisipkan pewarna, partikel kecil atau gas, sehingga didapatkan penggambaran aliran yang lebih jelas untuk sebuah aliran yang mengalir atau berputar.



Gambar 2.12 *Particle tracer*
Sumber : Bourgoin (2016)

3. Metode optic adalah teknik pembelokan cahaya ketika cahaya melewati dua medium yang berbeda kerapatan optiknya metode ini dibagi menjadi dua yaitu *shadowgraph technique* dan *schlieren image* (Settles,2001), seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini, terlihat jelas bentuk aliran dari fluida ketika menabrak sebuah penampang.



Gambar 2.13 *Shadowgraph*
Sumber : Cengel (2006 : 645)

2.13 Hipotesis

Penambahan ukuran *gap* dari *rib* pada *turbulator* dapat menghasilkan persentase jumlah celah yang terlihat relatif konstan dan tidak ada perubahan saat diuji pada berbagai variasi sudut, pada sudut yang tinggi juga akan didapatkan jumlah persentase celah yang dapat terisi oleh pewarna semakin sedikit karena pengaruh gravitasi yang tidak menekan pewarna masuk menuju *gap* antar *rib*, sedangkan nilai Reynolds yang lebih besar akan berpengaruh pada persentase jumlah celah *ribs* yang dapat terisi oleh pewarna akan lebih sedikit karena pewarna cenderung terlempar lebih jauh karena kecepatan yang tinggi. Bentuk pusaran akan melebar saat *gap* semakin besar dan menjadi kecil saat *gap* antar *rib* berukuran kecil.