

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut (*Arismunandar, 2005*) pada susunan pipa seri, kerugian aliran terjadi lebih besar dan tekanannya juga besar. Tekanan yang terkecil terjadi pada susunan pipa seri-paralel dengan diameter pipa 1" pada laju aliran 2,5 gpm dan  $\Delta P$  1681,88 N/m<sup>2</sup>.

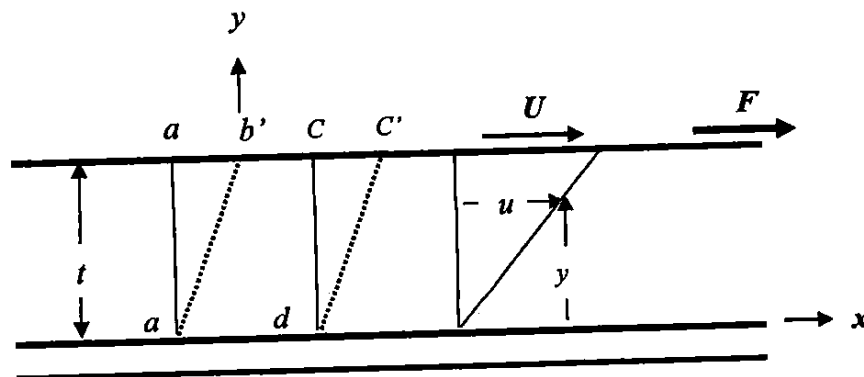
Pada fluida yang mengalir di dalam bidang batas (pipa, saluran terbuka atau bidang datar ). Akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Besarnya rugi-rugi aliran tergantung pada kekasaran dinding dalam pipa. Semakin kasar dinding pipa semakin besar kehilangan energi. (*Triatmodjo, 1993*).

Untuk setiap sistem pipa, disamping rerugi gesekan tipe *moody* yang dihitung untuk seluruh panjang pipa, ada pula yang dinamakan *rerugi kecil* yang disebabkan oleh : (*White, 1986*).

1. Lubang masuk atau lubang keluar pipa
2. Pemuaian atau penyusutan tiba-tiba
3. Kelokan, siku, sambungan T dan suaian lain.
4. Katup yang terbuka atau sebagian tertutup
5. Pemuaian atau penyusutan berangsur.

Fluida adalah zat yang berubah bentuk secara kontinyu (terus-menerus) bila terkena tegangan geser, betapapun kecilnya tegangan geser itu. Gaya geser adalah komponen gaya yang menyinggung permukaan. Dan gaya ini yang dibagi dengan luas permukaan tersebut, adalah tegangan geser rata-rata pada permukaan itu. Tegangan geser pada suatu titik adalah nilai batas perbandingan gaya geser terhadap luas dengan, berkurangnya luas hingga menjadi titik tersebut.

Dalam Gambar 2.1 suatu zat ditempatkan di antara dua buah pelat sejajar dengan jarak, antara yang tebal dan yang sedemikian luasnya sehingga keadaan pada tepi-tepi pelat dapat diabaikan. Pelat bawah terpasang tetap, dan suatu gaya  $F$  diterapkan pada pelat atas, yang mengerakkan tegangan geser  $F/A$  pada zat apapun yang terdapat di antara pelat-pelat itu.  $A$  ialah luas pelat atas. Bila gaya  $F$  menyebabkan pelat atas bergerak, dengan suatu kecepatan (bukan nol) yang stedi (ajeg), betapapun kecilnya  $F$ . Maka dapat disimpulkan bahwa zat di antara kedua pelat tersebut adalah suatu fluida.



Gambar 2.1 Deformasi akibat gaya geser

Menurut Triatmojo (1993), fluida dapat dibagi menjadi dua macam yaitu: zat cair dan gas. Zat cair dan gas mempunyai sifat-sifat serupa yang terpenting, adalah kedua zat ini tidak melawan perubahan bentuk. Dan kedua zat tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser, yaitu gaya yang bekerja sejajar dengan permukaan lapisan-lapisan fluida, atau gas. Yang mencoba untuk menggeser lapisan-lapisan tersebut antara satu terhadap yang lain. Oleh karena itu apabila bebas, dan massa zat cair hanya akan mengisi volume yang diperlukan dalam suatu ruangan. Sedangkan gas tidak mempunyai permukaan bebas dan massanya akan mengisi seluruh ruangan. Perbedaan yang lain adalah zat cair praktis merupakan zat yang tak termampatkan. Sedangkan gas adalah zat yang bisa dimampatkan.

## **2.2 Sifat – Sifat Aliran Fluida**

Sifat-sifat fisis fluida meliputi: tekanan ( $P$ ), temperatur ( $T$ ), kerapatan ( $\rho$ ) viskositas ( $\nu$ ), tegangan permukaan ( $\sigma$ ) dan konduktivitas termal ( $K$ ).

### **2.2.1 Viskositas kinematik ( $\nu$ ) Dan Viskositas Dinamik ( $\mu$ )**

Menurut Streeter (1991), viskositas adalah sifat fluida yang mendasari diberikannya tahanan terhadap tegangan geser oleh fluida tersebut. Tahanan suatu fluida terhadap tegangan geser tergantung kohesinya dan pada laju perpindahan molekulnya. Cairan, dengan molekul-molekul yang jauh lebih rapat dari pada gas, mempunyai gaya-gaya kohesi yang jauh lebih besar dari pada gas. Sehingga kohesi merupakan indikator nilai viskositas dalam cairan. Dengan karena turun dan naiknya suhu, sehingga nilai viskositasnya juga turun.

Menyatakan bahwa untuk laju perubahan bentuk sudut fluida yang tertentu maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas. Viskositas ( $\mu$ ) sering disebut viskositas mutlak (*absolute viscosity*) atau viskositas dinamik (*dynamic viscosity*). agar tidak terkecual dengan viskositas kinematik ( $\nu$ ), yang merupakan perbandingan viskositas terhadap kerapatan massa :

(Triatmodjo, 1993)

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana  $\nu$  = Kinematik viskositas ( $m^2/s$ )

$\mu$  = Dinamik viskositas (Kg/m.s)

$\rho$  = Kerapatan massa (Kg/m<sup>3</sup>)

### 2.2.2 Kerapatan ( $\rho$ ), Volume Jenis ( $\nu$ ) dan Berat Jenis ( $\gamma$ )

Kerapatan  $\rho$  suatu fluida ukuran untuk konsentrasi zat tersebut dan dinyatakan dengan massa persatuan volume (Triatmodjo, 1993).

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana m adalah massa yang menempati volume. Apabila massa yang diberikan dalam kilogram, maka rapat massa adalah dalam kilogram permeter kubik. Rapat massa air pada 4° C dan tekanan atmosfer standar adalah 1000 kg/m<sup>3</sup>.

Rapat relatif didefinisikan sebagai perbandingan antara rapat massa suatu zat, dan rapat massa air pada 4° C dan tekanan atmosfer standar. Biasanya kerapatan relatif menggunakan air sebagai acuannya, sehingga:

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_{air}}$$

Kerapatan relatif juga sering disebut gravitasi jenis ( $S$ ) =  $\frac{\rho}{\rho_{air}}$

Volume jenis  $v_s$  dari suatu zat adalah volume yang di tempati oleh suatu satuan massa zat tersebut atau merupakan kebalikan dari kerapatan.

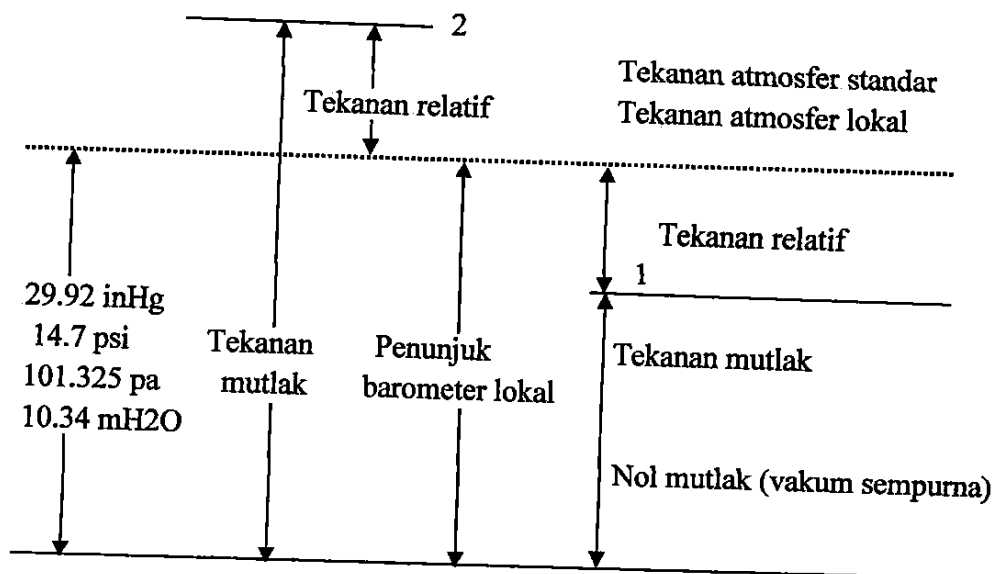
$$v_s = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots(2.3)$$

Berat jenis  $\gamma$  dari suatu zat adalah beratnya pervolume satuan. Berat suatu benda adalah hasil kali antara massa dan percepatan gravitasi.

$$\gamma = \rho \cdot g \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana satuan  $\gamma$  adalah  $N/m^3$ .

### 2.2.3 Tekanan



Gambar 2.2 Satuan dan Skala Tekanan

Telah diketahui bahwa udara di atmosfer ini mempunyai berat. Karena mempunyai berat maka udara tersebut bisa menimbulkan tekanan pada permukaan bumi. Rapat udara tidak konstan, yang tergantung pada ketinggian, temperatur dan kelembaban. Oleh karena itu tekanan atmosfer, yang disebabkan oleh berat atmosfer atau udara di atas permukaan bumi, sulit (tidak dapat) dihitung. Tekanan atmosfer dapat diukur berdasarkan tinggi kolom zat cair yang bisa ditahan.

Tekanan relatif atau tekanan terukur adalah tekanan yang diukur berdasarkan tekanan atmosfer. Tekanan ini bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer lokal. Fluida yang berhubungan dengan udara luar (atmosfer) bertekanan nol, sehingga tekanan relatif adalah positif bila lebih besar dari tekanan atmosfer dan negatif apabila lebih kecil.

Tekanan absolut merupakan jumlah dari tekanan atmosfer dengan tekanan relatif, apabila tekanan relatif adalah negatif. Maka tekanan absolut adalah tekanan atmosfer dikurangi tekanan relatif.

Tekanan yang dinyatakan dalam *panjang kolom* suatu cairan adalah setara dengan gaya per luas satuan di dasar kolom itu. Hubungan untuk perubahan tekanan terhadap ketinggian dalam suatu cairan  $P = \gamma \cdot h$ , menunjukkan hubungan antara tinggi-tekanan  $h$ , dalam panjang kolom fluida dengan berat jenis  $\gamma$ , dan tekanan  $P$ . Dengan satuan-satuan yang konsisten,  $P$  adalah dalam pound per foot persegi,  $\gamma$  dalam pound per foot kubik, dan  $h$  dalam foot atau  $P$  dalam pascal,  $\gamma$  dalam  $N/m^3$  dan  $h$  dalam (m).

### 2.2.4 Tegangan Permukaan

Pada permukaan temu (antarmuka) antara zat cair dan gas, atau antara dua zat cair yang tidak bercampur, timbul gaya-gaya di permukaan cairan yang menyebabkan permukaan tersebut berperilaku seakan-akan merupakan suatu "kulit" yang membentang pada seluruh massa fluida. Sebagai contoh, sebuah jarum baja akan terapung di atas air jika diletakkan dengan hati-hati pada permukaannya karena tegangan yang timbul di kulit tersebut menopang jarum itu. Tetesan kecil air raksa akan berbentuk bola jika diletakkan di atas sebuah permukaan yang mulus karena gaya-gaya kohesi di permukaan cenderung untuk memegang seluruh molekul bersama-sama dalam bentuk yang ringkas. Sama halnya, butiran air yang terpisah akan terbentuk apabila diletakkan di atas permukaan yang baru dilapisi lilin. (Munson, 2004).

### 2.3 Head Total Pompa

Head total pompa untuk mengalirkan fluida dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Head total pompa dapat ditulis sebagai berikut (Sularso, 2004) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{v_d^2}{2g} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan : H : head total pompa

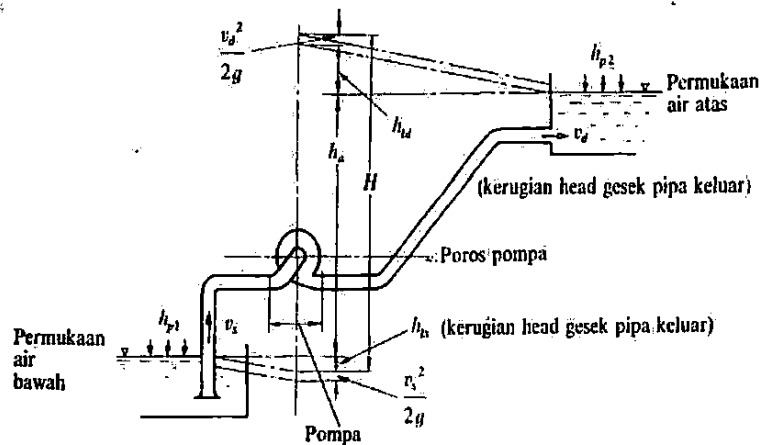
$h_a$  : head statis total (m)

$\Delta h_p$  : perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air

$$(m), \Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$$

$h_1$  : berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, reduser, Tee.

Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka di sisi isap dan disisi keluar; tanda positif (+) di pakai apabila muka air disisi keluar lebih tinggi dari sisi isap.



Gambar 2.3 Head Pompa

#### 2.4 Bilangan Reynolds ( $Re$ )

Menurut Reynolds, ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran laminar yaitu kekentalan  $\mu$  rapat massa  $\rho$  dari fluida, dan diameter  $D$ . Kekerasan berpengaruh pada pengaliran turbulen tetapi tidak pada pengaliran laminar. Hubungan antara  $\mu, \rho$  dan  $D$  yang mempunyai dimensi sama dengan kecepatan

adalah  $\frac{\mu}{\rho D}$



Reynolds menunjukkan bahwa aliran dapat di klasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu. Angka tersebut diturunkan dengan membagi kecepatan aliran di dalam pipa dengan harga  $\frac{\mu}{\rho D}$ , yang disebut dengan Reynolds.

Angka Reynolds mempunyai bentuk seperti ini: (Triatmodjo,1993)

$$R_e = \frac{VD}{\nu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan:  $R_e$  : Bilangan Reynolds

$V$  : Kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s)

$D$  : Diameter dalam pipa (m)

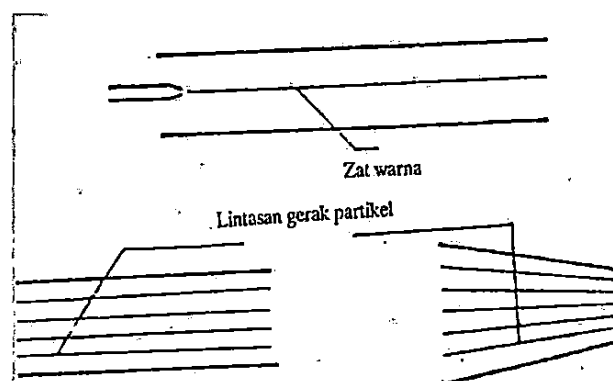
$\nu$  : Viskositas kinematik zat cair (m<sup>2</sup>/s)

Yang merupakan bilangan tak berdimensi. Dari percobaan yang dilakukan, untuk aliran air melalui pipa dapat disimpulkan bahwa, angka Reynolds rendah gaya kental dominan sehingga aliran adalah laminar. Dengan bertambahnya angka Reynolds, baik karena bertambahnya kecepatan atau berkurangnya kekentalan fluida. Atau bertambah besarnya dimensi medan aliran, akan bisa menyebabkan kondisi aliran laminar menjadi tidak stabil. Sampai pada suatu angka Reynolds di atas harga tertentu aliran berubah dari laminar menjadi turbulen.

Berdasarkan pada percobaan aliran di dalam pipa, Reynolds menetapkan bahwa Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat turbulen dan pada  $Re$  berada  $2300 < Re < 4000$  aliran transisi.

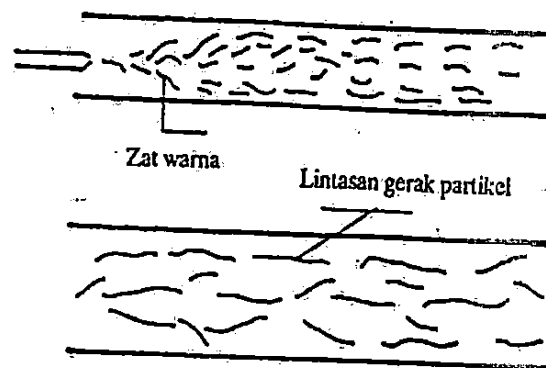
## 2.5 Aliran Laminer Dan Turbulen

Aliran viskos dapat dibedakan dalam aliran laminer dan turbulen. Aliran laminer adalah apabila partikel-partikel fluida bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling berpotongan. Apabila zat warna tersebut akan mengalir menurut garis lurus seperti benang tanpa terjadi difusi atau penyebaran. Pada pengaliran di saluran/pipa yang mempunyai sisi tidak sejajar, garis aliran akan menguncup atau mengembang sesuai dengan bentuk saluran. Kecepatan partikel fluida pada masing-masing garis lintasan, tidak sama tetapi bertambah dengan jarak dari dinding saluran. Pengaliran laminer dapat terjadi apabila, kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan fluida mempunyai kekentalan besar. Aliran laminer menjadi tidak stabil pada kondisi viskositas rendah dan kecepatan tinggi. dalam kondisi seperti ini aliran akan cenderung untuk menjadi aliran turbulen. Gambar (2.4) adalah contoh dari pengaliran laminer di dalam pipa dengan penampang konstan dan tidak konstan.



Gambar 2.4 Aliran laminer dalam pipa

Aliran turbulen (Gambar 2.5) apabila partikel-partikel fluida bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Zat warna yang di masukkan pada suatu titik dalam aliran, akan terdifusi dengan cepat ke seluruh aliran. Aliran turbulen terjadi apabila kecepatan aliran besar, saluran besar dan fluida mempunyai kekentalan kecil. pengaliran di sungai, di laut adalah contoh dari pengaliran turbulen.



Gambar 2.5 Aliran turbulen dalam pipa

## 2.6 Persamaan Bernoulli

Untuk kerapatan yang konstan, maka integrasi persamaan Euler sepanjang garis aliran berbentuk:

$$gz + \frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = \text{konstan..}$$

Masing-masing suku pada persamaan berdimensi  $(L/T)^2$ , satuannya meter-Newton per kilogram.

$$\frac{m.N}{kg} = \frac{m.kg.m/dt^2}{kg} = \frac{m^2}{dt^2}$$

karena  $1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{dt}^2$

Persamaan (2.7) dalam bentuk energi per massa satuan. Bila persamaan ini dibagi dengan  $g$  maka akan didapatkan :

$$z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} = \text{Konstan} \dots \dots \dots (2.7)$$

Persamaan ini disebut "**Persamaan Bernoulli**".

Persamaan ini dalam bentuk energi per berat satuan, dengan satuan meter-Newton per Newton (atau foot-pound per pound).

Setiap suku dari persamaan Bernoulli dapat diinterpretasikan dalam bentuk energi yang tersedia. Persamaan ini juga disebut persamaan konservasi energi mekanis. Jika persamaan dikalikan dengan  $\rho$ , kita memperoleh.

$$\rho z + \frac{\rho v^2}{2} + p = \text{konstan}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.7) untuk 2 titik pada streamline

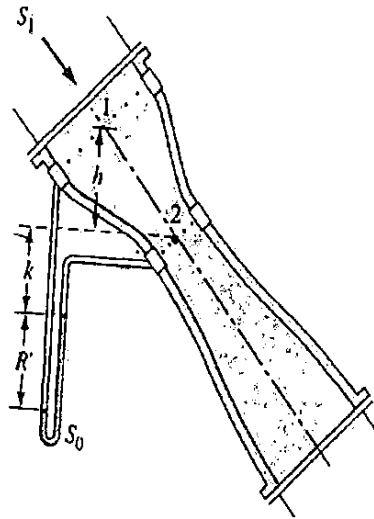
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2.8)$$

Hingga kini banyak sekali penerapan asas Bernoulli demi meningkatkan kesejahteraan hidup umat manusia, diantaranya adalah :

- a. Karburator, yang berfungsi untuk menghasilkan campuran bahan bakar dengan udara lalu dimasukkan ke dalam silinder mesin untuk pembakaran.
- b. Venturimeter, adalah alat untuk mengukur kelajuan cairan dalam pipa.
- c. Tabung pitot, adalah alat untuk mengukur kelajuan gas dalam pipa dari tabung gas.
- d. Botol parfum

### 2.6.1 Meteran Venturi

Hampir sama seperti orifis yaitu mengalami penyempitan disebelah hilir, akan tetapi pada Venturi terjadi secara perlahan-lahan seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



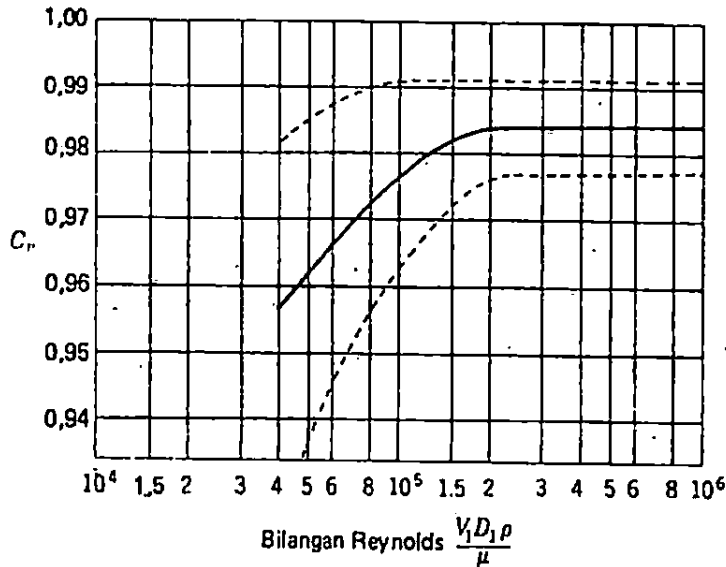
Gambar 2.6 Meter Venturi

Dari persamaan Bernoulli didapatkan kecepatan-kecepatan kali luas nyata leher menentukan debit nyata, (Streeter, 1991):

$$Q = C_V A_2 \sqrt{\frac{2gR'(S_0/S_{1-1})}{1-(D_2/D_1)^4}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Merupakan persamaan meteran venturi untuk aliran tak mampumampat. Besarnya koefisien kontraksi adalah 1; maka  $C_V = C_d$ . Perlu diketahui bahwa  $h$  telah lenyap

dari persamaan. Debit didapatkan dengan beda-relatif  $R'$ , apapun orientasi meteran venturinya, horizontal, vertikal, atau miring. Berlaku persamaan yang tetap sama.



Gambar 2.7 Koefisien  $C_v$  untuk meteran Venturi

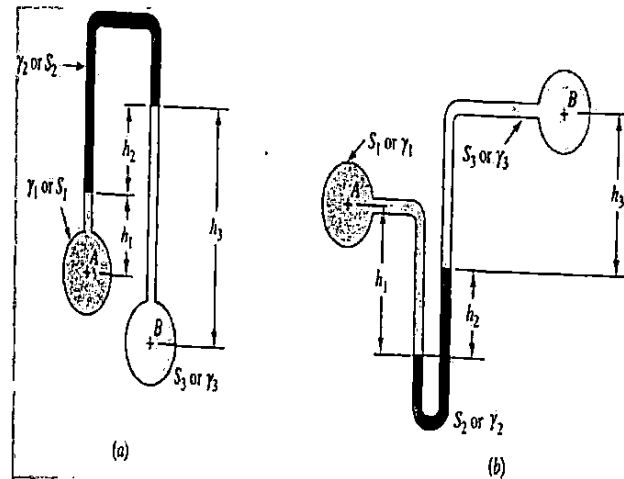
## 2.6.2 Manometer Diferensial

Manometer digunakan untuk menentukan perbedaan tekanan antara dua titik A dan B, bila tekanan yang sebenarnya di titik yang manapun. Dalam sistem tidak dapat ditentukan penerapan prosedur yang digariskan di atas terhadap gambar 2.8a menghasilkan (Streeter, 1991):

$$P_A - h_1 \gamma_1 - h_2 \gamma_2 + h_3 \gamma_3 = P_B \text{ atau } P_A - P_B = h_1 \gamma_1 + h_2 - h_3 \gamma_3$$

Demikian pula, untuk gambar 2.8b.

$$P_A + h_1 \gamma_1 - h_2 \gamma_2 - h_3 \gamma_3 = P_B \text{ atau } P_A - P_B = -h_1 \gamma_1 + h_2 + h_3 \gamma_3$$



Gambar 2.8a dan 2.8b Manometer Differensial

### 2.6.3 Kerugian Head Pipa (*Major Losses*)

Dalam aliran tak mampu mampat stedi (ajeg) di dalam pipa, ketidakmampuan dinyatakan dalam kerugian tinggi tekan, atau jatuh. Untuk perhitungan rugi-rugi aliran di dalam pipa pada umumnya di pakai persamaan *Darcy-Weisbach*.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (2.10)$$

Di mana :

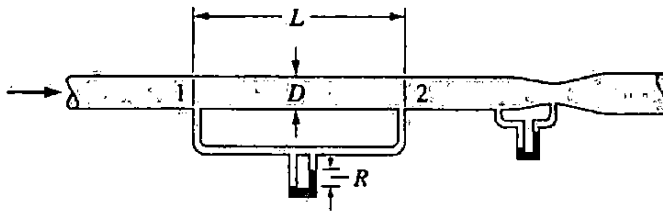
$h_f$ : kerugian tinggi-tekanan (m)

L : panjang pipa (m)

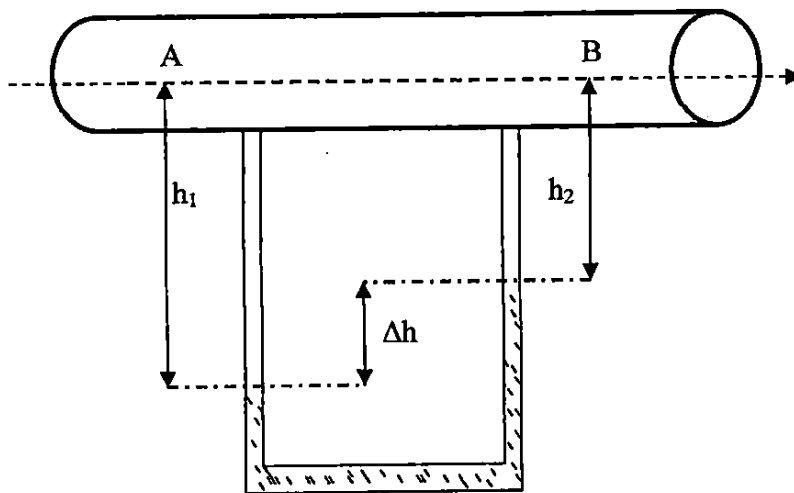
D : garis tengah dalam (mm)

f : faktor gesekan

g : gravitasi (m/s)



Gambar 2.9 Alat uji tinggi-tekan dalam pipa



Gambar 2.10 Pengukuran manometer U

Untuk Pipa lurus didapatkan persamaan manometer sebagai berikut:

(Sudarja, 2008).

Pers. manometer:  $P_A + h_1 \cdot \gamma_{air} - \Delta h \cdot \gamma_{raksa} - h_2 \cdot \gamma_{air} = P_B$ .

$$P_A - P_B = \Delta h \cdot \gamma_{raksa} + h_2 \cdot \gamma_{air} - h_1 \cdot \gamma_{air}$$

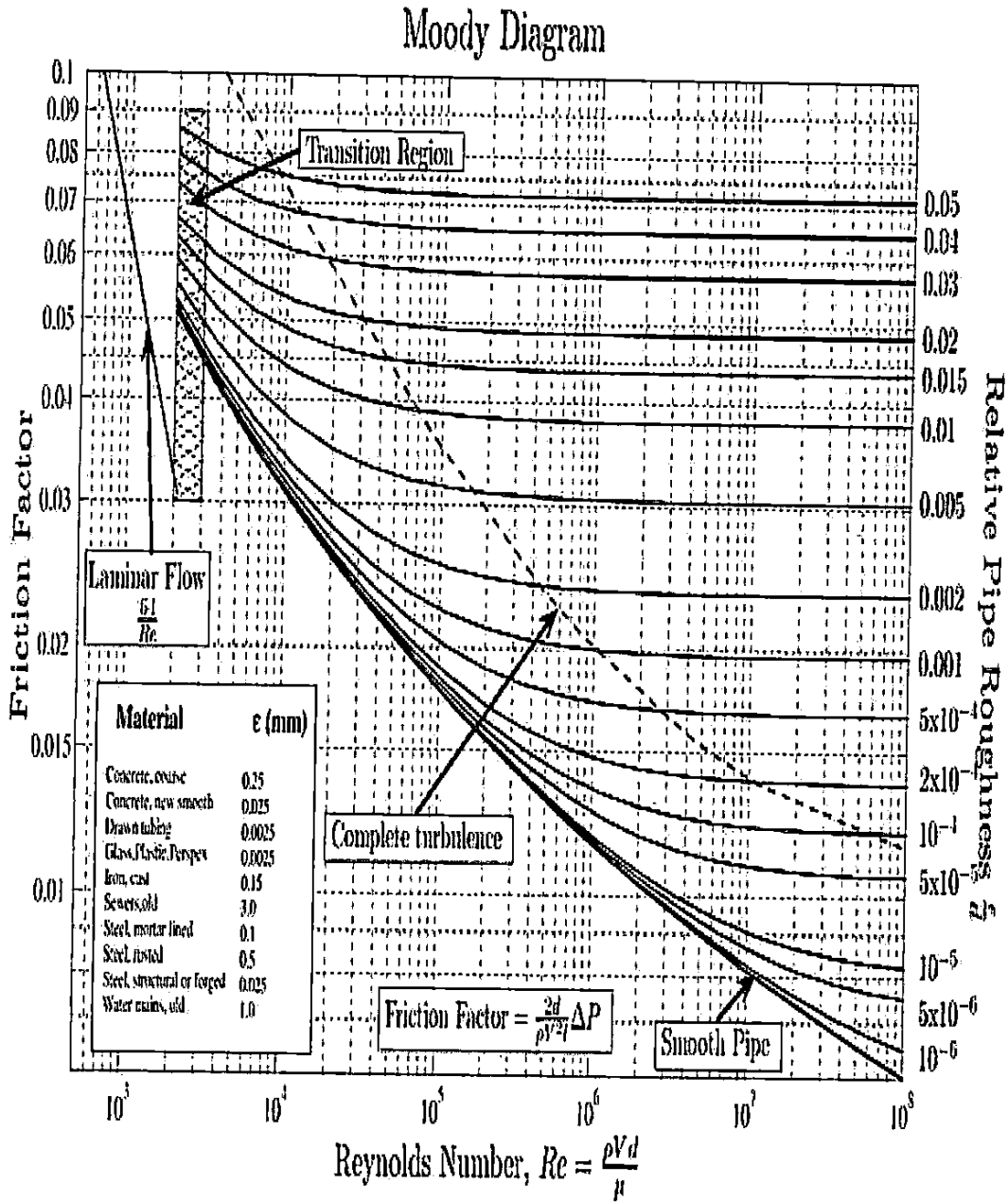
$$= \Delta h \cdot \gamma_{raksa} + (h_2 - h_1) \gamma_{air}$$

$$= \Delta h \cdot \gamma_{raksa} - (h_1 - h_2) \gamma_{air}$$

$$\frac{P_A - P_B}{\gamma_{air}} = \frac{\Delta h (\gamma_{raksa} - \gamma_{air})}{\gamma_{air}}$$

$$h_f = \Delta h (S_{raksa} - S_{air}) \dots\dots\dots(2.11)$$





Gambar 2.11 Diagram *Moody*

Tabel 2.1 Angka kekasaran (Roughness,  $\epsilon$ )

N0	Material	Angka kekasaran ( $\epsilon$ )	
		(ft)	(mm)
1	Cooper, Brass	$1 \times 10^{-4}$ - $3 \times 10^{-3}$	$3.05 \times 10^{-2}$ - 0.9
2	Wrought iron, steel	$1.5 \times 10^{-4}$ - $8 \times 10^{-3}$	$4.6 \times 10^{-2}$ - 2.4
3	Asphalt-lined cast iron	$4 \times 10^{-4}$ - $7 \times 10^{-3}$	0.1 - 2.1
4	Galvanized iron	$3.3 \times 10^{-4}$ - $1.5 \times 10^{-2}$	0.102 - 4.6
5	Cast iron	$8 \times 10^{-4}$ - $1.8 \times 10^{-2}$	0.2 - 5.5
6	Concrete	$10^{-3}$ - $3 \times 10^{-2}$	0.3 - 3.0
7	Uncoated cast iron	$7.4 \times 10^{-4}$	0.226
8	Coated cast iron	$3.3 \times 10^{-4}$	0.102
9	Coated spon iron	$1.8 \times 10^{-4}$	$5.6 \times 10^{-2}$
10	Cement	$1.3 \times 10^{-4}$ - $4 \times 10^{-3}$	0.4 - 1.25
11	Wrought iron	$1.7 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-2}$
12	Uncoated steel	$9.2 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-2}$
13	Coated steel	$1.8 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^{-2}$
14	Wood Stave	$6 \times 10^{-4}$ - $3 \times 10^{-3}$	0.2 - 0.9
15	PVC	$5 \times 10^{-6}$	$1.5 \times 10^{-3}$

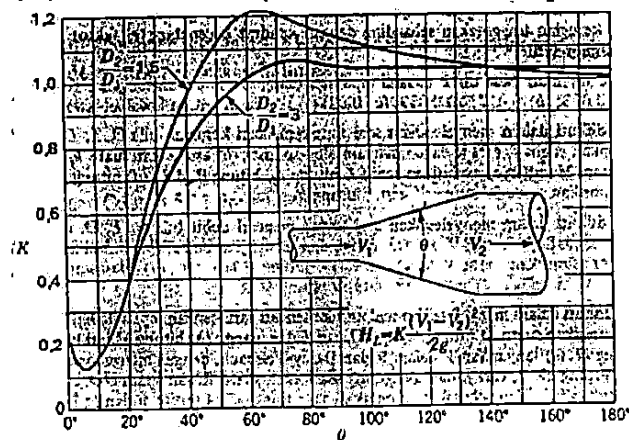
( Sumber: Lamont. 1981)

### 2.6.4 Kerugian Kecil (*Minor Losses*)

Apa yang dimaksud dengan *Minor Losses* adalah kerugian yang terjadi pada jalur pipa karena belokan, siku, sambungan, katup (*valve*) dan sebagainya.

*Minor losses* yang terjadi pada belokan, katup, siku dan sebagainya tersebut didapatkan dari eksperimen.

Kerugian tinggi-tekan yang disebabkan pembesaran berangsur (termasuk gesekan pipa sepanjang pembesaran) diteliti oleh Gibson dan hasilnya ditunjukkan pada gambar 2.12



Gambar 2.12 Koefisien kerugian untuk pembesaran kerucut.

Kerugian tinggi tekannya:

$$h = K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \dots \dots \dots (2.12)$$

Tabel 2.2 Koefisien kerugian tinggi-tekan K yang khas untuk berbagai kelengkapan.

(Streeter,1991) :

Lengkapan ( <i>Fitting</i> )	K
Katup bola (terbuka penuh)	10,0
Katup sudut (terbuka penuh)	5,0
Katup searah ayun (terbuka penuh)	2,5
Katup gerbang (terbuka penuh)	0,19
Belokan balik berdekatan	2,2
T standar	1,8
Siku standar	0,9
Siku Lekuk menengah	0,75
Siku Lekuk panjang	0,60

$$h_{fitting} = K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.13)$$

Kerugian kecil (*Minor Losses*) dapat dinyatakan dalam panjang pipa ekuivalen ( $L_e$ ), yang mempunyai kerugian tinggi-tekan dalam m N/N atau ft lb/lb yang sama untuk debit yang sama; jadi;

$$f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.14)$$

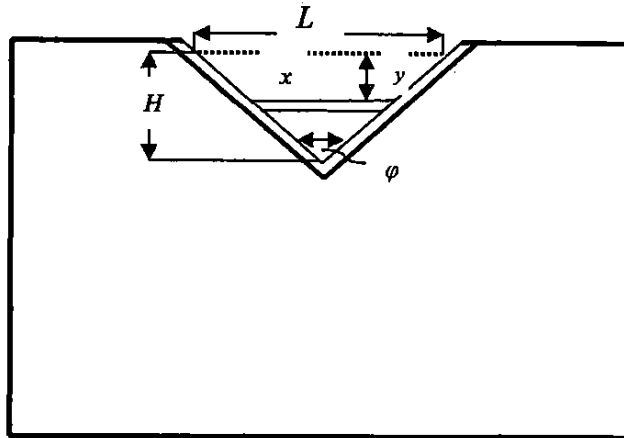
## 2.7 Pengukuran Debit Aliran Dengan V-notch Weir

Bendung takik -V seperti gambar 2.10 sangat cocok digunakan untuk debit yang kecil dan debit teoritis dihitung sebagai berikut:

Kecepatan pada kedalaman  $y$  adalah  $v = \sqrt{2gy}$  dan

debit teoritisnya:

$$Q_t = \int v dA = \int_0^H v x dy$$



Gambar 2.13 V-notch weir

Dengan menyatakan  $L/H$  sebagai fungsi sudut takik V, yaitu  $\phi$  kita mendapatkan

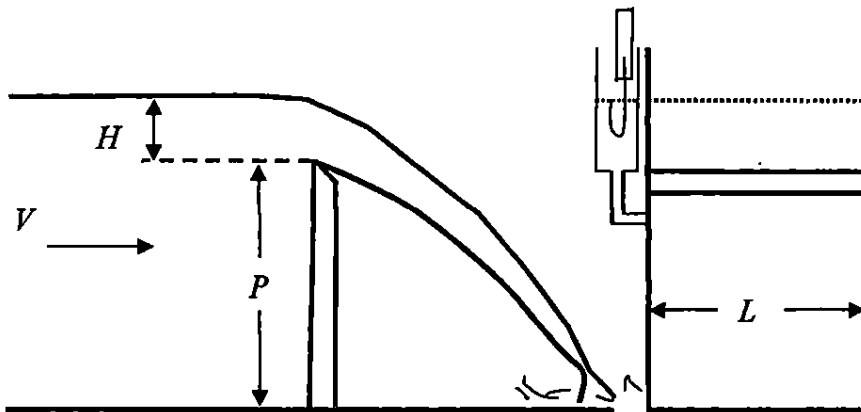
$$\frac{L}{2H} = \tan \frac{\phi}{2} \text{ Maka: } Q_t = \frac{8}{15} \sqrt{2g \tan \frac{\phi}{2}} H^{5/2} \dots \dots \dots (2.15)$$

Akan tetapi koefisiennya harus diperkecil dengan kurang lebih 42 % Karena diabaikannya kontraksi, persamaan kira-kira yang lebih tepat untuk bendung takik  $90^\circ$  adalah:

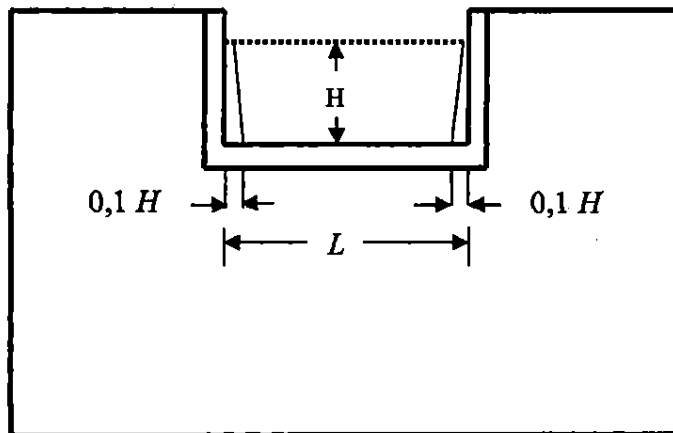
$$Q = 1,38 H^{2,50} \text{ dalam satuan SI } \dots \dots \dots (2.16)$$

## 2.8 Pengukuran Debit Aliran Dengan *Rectangular Weir*

Bendungan Rectangular weir dapat digunakan untuk mengukur debit aliran pada saluran terbuka. Yang menyebabkan cairan mengenang di depannya serta mengalir di atasnya atau melaluinya. Dengan mengukur ketinggian permukaan cairan hulu, dapat menentukan laju aliran.



Gambar 2.14a Bendung segi-empat bermercu tajam.



Gambar 2.14b Bendung horisontal dengan kontraksi ujung-ujung.

$$Q = 1,84 L H^{3/2} \text{ untuk satuan SI.....(2.17)}$$