

# PRAKTIKUM MEKANIKA FLUIDA

## MODUL 5

### KEHILANGAN TINGGI TEKAN

Rev: 23-01/2019

No Kelompok					
Nama Asisten					
Tanggal praktikum					
Tanggal masuk laporan*					
Nama	NIM	A*	B*	C*	Nilai*
**					

\* Diisi oleh asisten; \*\* Ketua Kelompok

### Lembar Kerja:

Petunjuk Modul: Lembar 1

Form Pengamatan: Lembar 4

Form Pengolahan Data Praktikum: Lembar 7

Form Analisa: Lembar 10

Dasar Teori: Lembar 16



**Teknik dan Pengelolaan Sumber Daya Air (TPSDA)**  
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan  
Institut Teknologi Bandung

# 1. Petunjuk Modul

## A. Pengantar

Kehilangan tinggi tekan suatu fluida dalam pipa dapat terjadi karena faktor gesekan (major losses) atau akibat faktor perubahan bentuk geometri pipa (minor losses). Kehilangan tinggi tekan yang akan dipelajari pada modul ini adalah kehilangan tinggi tekan akibat: (a) Faktor gesekan pipa lurus; (b) Kontraksi tiba-tiba; (c) Ekspansi tiba-tiba, dan (d) Tikungan pada pipa katup (valve).

## B. Tujuan

1. Mempelajari pengaruh koefisien gesekan pada pipa.
2. Menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan akibat :
  - a. Gesekan pada pipa lurus,
  - b. Ekspansi tiba-tiba,
  - c. Kontraksi tiba-tiba,
  - d. Tikungan.
3. Membandingkan kehilangan tinggi tekan akibat pengaruh geometri (*minor losses*) dan akibat faktor gesekan (*major losses*)



## C. Peralatan dan Bahan

1. Suatu jaringan/sirkuit pipa, yang terdiri dari dua buah sirkuit yang terpisah, masing-masing terdiri dari komponen pipa yang dilengkapi selang piezometer. Dua sirkuit pipa itu adalah sirkuit biru dan sirkuit abu-abu.
2. Bangku hidraulik,
3. Termometer,
4. Pompa udara, untuk mengkalibrasi alat serta untuk menghilangkan gelembung udara yang masuk kedalam jaringan pipa.

## D. Prosedur Praktikum

1. Memeriksa tabung-tabung piezometer sehingga tidak ada udara yang terjebak di dalamnya. Prosedur ini dilakukan dengan jalan memompakan udara ke dalam tabung piezometer untuk menurunkan permukaan air di dalam tabung hingga didapat suatu ketinggian yang sama hingga memudahkan pengamatan.
2. Sirkuit biru dalam keadaan tertutup, sirkuit abu-abu dibuka semaksimal mungkin guna mendapatkan aliran yang maksimum di sepanjang pipa.
3. Membaca dan mencatat angka pada piezometer pipa 3 dan 4 untuk gesekan pipa lurus, piezometer pipa 7 dan 8 untuk ekspansi, pipa 9 dan 10 untuk kontraksi.
4. Catat debit yang dihasilkan dengan prinsip kerja bangku hidrolis.
5. Mengubah besar debit air dengan jalan mengatur kran pengatur masuk air pada sistem pipa dan catat ketinggian tabung dan debit. Lakukan untuk beberapa pengamatan.
6. Setelah selesai pada sirkuit abu-abu ganti ke sirkuit biru dengan jalan menutup kran pada sirkuit abu-abu dan buka kran pada sirkuit biru. Ikuti prosedur 2 sampai 4 untuk beberapa pengamatan.

## E. Pengolahan Data dan Analisa

### E1. Pengolahan Data Praktikum

No.	Langkah	Formulir Pengamatan Acuan	Keterangan	Nama Gambar/Grafik
1	Menghitung besar Debit (Q) dengan prinsip bangku hidrolis.	Tabel data pada Form 1 dan 2	lihat lampiran prinsip bangku hidraulik.	
2	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat gesekan pada pipa lurus : a. Hitung $h_L$ . b. Hitung besarnya bilangan Reynolds (Re) c. Hitung besarnya koefisien gesekan menurut Blassius d. Hitung besarnya koefisien gesekan menurut Darcy-Weisbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>Form 2 Data Untuk ke empat grafik</li> </ul>	a. Gunakan rumus 5.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grafik 4.1 log <math>h_f</math> vs log Q pipa biru</li> <li>Grafik 4.2 f vs Re pipa biru</li> <li>Grafik 4.3 log <math>h_f</math> vs log Q pipa abu-abu</li> <li>Grafik 4.1.4 log f vs Re pipa abu-abu</li> </ul>
3	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat ekspansi tiba-tiba: a. Hitung kecepatan pada titik tinjau 1 ( $V_1$ ). b. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil pengukuran. c. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil perhitungan dengan adanya kehilangan tinggi tekan ( $h_e \neq 0$ ). d. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil perhitungan tanpa adanya kehilangan tinggi tekan ( $h_e = 0$ ).	Form 2 Data Untuk Membuat Grafik $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ akibat ekspansi	a. Gunakan <b>Persamaan Kontinuitas</b> dengan memasukkan nilai Q dan D yang telah diketahui. b. Berdasarkan <b>Hasil Pengamatan</b> . c. Gunakan <b>rumus 5.3</b> . d. Gunakan <b>rumus 5.2</b> .	Grafik 4.5 $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ akibat ekspansi
4	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat kontraksi tiba-tiba: a. Hitung kecepatan pada titik tinjau 2 ( $V_2$ ) b. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil pengukuran. c. Cari harga koefisien kontraksi Cc. d. Hitung perbedaan tinggitekan hasil perhitungan dengan adanya kehilangan tinggi tekan ( $h_e \neq 0$ ). e. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil perhitungan tanpa adanya kehilangan tinggi tekan ( $h_e = 0$ ).	Form 2 Data Untuk Membuat Grafik $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ akibat kontraksi	a. Gunakan <b>Persamaan Kontinuitas</b> dengan memasukkan nilai Q dan D yang telah diketahui. b. Berdasarkan <b>Hasil Pengamatan</b> . c. – d. Gunakan <b>rumus 5.5</b> . e. Gunakan <b>rumus 5.4</b> .	Grafik 4.6 $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ akibat kontraksi

No.	Langkah	Formulir Pengamatan Acuan	Keterangan	Nama Gambar/Grafik
5	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat tikungan : a. Hitung kecepatan aliran ( $V$ ) pada tikungan b. Hitung besarnya bilangan Reynolds ( $Re$ ) c. Hitung koefisien gesekan ( $f$ ) menurut Blassius d. Hitung kehilangan tinggi tekan total $h_T$ (dari selisih piezometer untuk tikungan), menghitung kehilangan tinggitekan akibat gesekan ( $h_f$ ). e. Hitung kehilangan tinggi tekan akibat perubahan geometri (tikungan), yaitu $h_{LB.}$ , menghitung besarnya $K_B$ . f. Hitung besarnya $K_L$ .	Form 1 Data Untuk Membuat Grafik K vs R/D	a. – b. – c. – d. – e. Gunakan rumus 5.6. f. Gunakan rumus 5.7.	Grafik 4.6 K vs R/D

## E2. Analisa Data

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik 4.1 log $h_f$ Vs Log Q untuk pipa lurus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan log <math>h_f</math> dan log Q</li> </ul>
2	Grafik 4.2 dan 4.3 $f_{blasisus}$ dan $f_{darcy-weisbach}$ Vs $Re$ untuk pipa lurus	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan <math>f</math> dengan <math>Re</math></li> <li>Hubungan/perbedaan nilai <math>f_{blasisus}</math> dan <math>f_{darcy-weisbach}</math></li> </ul>
3	Grafik 4.4 $H_{perhitungan}$ Vs $H_{pengukuran}$ untuk ekspansi tiba-tiba	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan/perbedaan <math>H_{perhitungan}</math> dan <math>H_{pengukuran}</math></li> </ul>
4	Grafik 4.5 $H_{perhitungan}$ Vs $H_{pengukuran}$ untuk kontraksi tiba-tiba	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan/perbedaan nilai <math>H_{perhitungan}</math> dan <math>H_{pengukuran}</math></li> </ul>
5	Grafik 4.6 K Vs R/D pada tikungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tujuan pembuatan grafik tersebut.</li> <li>Hubungan/perbedaan nilai <math>K_B</math> dan <math>K_L</math></li> </ul>

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum, garis besar hasil analisis dari data yang sudah didapatkan, dan perbandingannya dengan keadaan ideal (sesuai atau belum). Berikan juga penilaian singkat jika hasil percobaan kurang sesuai dengan kondisi ideal.

Dari kesimpulan yang telah didapat, buatlah saran-saran yang dapat berguna untuk percobaan selanjutnya, adanya temuan lain yang didapat selama percobaan berlangsung dan mungkin dapat diteliti lebih lanjut, serta perbaikan praktikum secara keseluruhan di masa mendatang.

## F. Penilaian dan Lain Lain

Penilaian terdiri dari A: Kualitas laporan untuk mencapai tujuan; B: Pelaksanaan eksperimen dan kerapian kerja; C. Kerjasama Tim. Buat salinan modul ini setelah dilengkapi untuk semua anggota kelompok sebagai arsip/bahan ujian. Modul asli yang telah dilengkapi diberikan ke asisten sebagai laporan. Form di isi rapi dengan tulisan tangan kecuali grafik. Grafik menggunakan Python untuk nilai maksimal. Tulisan dapat dilanjutkan di balik lembar kerjanya.

## 2. Form Pengamatan

### Form 2.1 Pengukuran Kehilangan Tekan pada Aliran Melalui Belokan dalam Saluran Tertutup

**Data alat**

- Diameter pipa sirkuit biru = 13.6 mm
- Diameter pipa sirkuit abu-abu = 26.2 mm

No. Percobaan	Pengukuran Debit dan Temperatur		
	Waktu t (detik)	Berat W (kg)	Debit Q (l/dt)
1			

No. Percobaan	Jam	Bacaan Piezometer					
		Standar, (l) = .....mm			Siku tajam, (l) = .....mm		
1		1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
		R : 100 mm, (l) = .....mm			R : 150 mm, (l) = ..... mm		
		11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
		R : 50 mm, (l) = .....mm			R ..... Mm, (l) = .....mm		
2		1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
		R : 100 mm, (l) = .....mm			R : 150 mm, (l) = .....mm		
		11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
		R : 50 mm, (l) = .....mm			R .....mm, (l) = .....mm		
3		1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
		R : 100 mm, (l) = .....mm			R : 150 mm, (l) = .....mm		
		11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
		R 50 mm, (l) = .....mm			R mm, (l) = .....mm		

No. Percobaan	Bacaan Piezometer					
	Standar, (l) = .....mm			Siku tajam, (l) = .....mm		
4	1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
	R 100 mm, (l) = .....mm			R 150 mm, (l) = .....mm		
	11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
	R 50 mm, (l) = .....mm			R ..... mm, (l) = .....mm		

	15	16	$\Delta h$			$\Delta h$
5	Standar, (l) = .....mm			Siku tajam, (l) = .....mm		
	1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
	R 100 mm, (l) = .....mm			R 150 mm, (l) = .....mm		
	11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
	R 50 mm, (l) = .....mm			R ..... mm, (l) = .....mm		
	15	16	$\Delta h$			$\Delta h$
6	Standar, (l) = .....mm			Siku tajam, (l) = .....mm		
	1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
	R 100 mm, (l) = .....mm			R 150 mm, (l) = .....mm		
	11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
	R 50 mm, (l) = .....mm			R ..... mm, (l) = .....mm		
	15	16	$\Delta h$			$\Delta h$
7	Standar, (l) = .....mm			Siku tajam, (l) = .....mm		
	1	2	$\Delta h$	5	6	$\Delta h$
	R 100 mm, (l) = .....mm			R 150 mm, (l) = .....mm		
	11	12	$\Delta h$	13	14	$\Delta h$
	R 50 mm, (l) = .....mm			R ..... mm, (l) = .....mm		
	15	16	$\Delta h$			$\Delta h$

## Form 2.2 Pengukuran Kehilangan Tekan pada Aliran Melalui Pipa Lurus, Pelebaran Dan Penyempitan

### Data alat

Diameter pipa sirkuit biru = 13.6 mm  
 Jarak antara titik 3 dan titik 4 = 914.4 mm  
 Diameter pipa sirkuit abu-abu = 26.2 mm  
 Jarak antara titik 8 dan titik 9 = 914.4 mm

No. Per-coba-an	Jam	Pengukuran Debit & Temperatur				No. Per-coba-an	Jam	Pengukuran Debit & Temperatur			
		Waktu t (detik)	Berat W (kg)	Debit Q (l/dt)	Suhu T (°)			Waktu t (detik)	Berat W (kg)	Debit Q (l/dt)	Suhu T (°)
1						5					
2						6					
3						7					
4						8					

No. Perco-baan	Jam	Bacaan Piezometer					
		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
1		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
		7	8	$\Delta h$	9	10	$\Delta h$
2		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
3		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
		7	8	$\Delta h$	9	10	$\Delta h$

No. Perco Baan	Jam	Bacaan Piezometer					
		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
4		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
		7	8	$\Delta h$	9	10	$\Delta h$
5		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
6		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
7		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
8		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu		
		3	4	$\Delta h$	8	9	$\Delta h$
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu		
		7	8	$\Delta h$	9	10	$\Delta h$

### 3. Form Pengolahan

#### Form 3.1 Gesekan pipa lurus abu

No	$\Delta h$ (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	hf (m)	v (m/s)	Re	$f_{\text{blausius}}$	$f_{\text{darcy-w}}$	log Q	log hf
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

#### Form 3.2 Gesekan pipa lurus biru

No	$\Delta h$ (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	hf (m)	v (m/s)	Re	$f_{\text{blausius}}$	$f_{\text{darcy-w}}$	log Q	log hf
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

#### Form 3.3 Pipa ekspansi

No	$\Delta h$ (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$h_L$ ukur (m)	v (m/s)	$h_L$ hitung ( $h_e = 0$ ) (m)	$h_L$ hitung ( $h_e \neq 0$ ) (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						



**Form 3.4 Pipa kontraksi**

No	$\Delta h$ (mm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$h_L$ ukur (m)	v (m/s)	$h_L$ hitung ( $h_e = 0$ ) (m)	$h_L$ hitung ( $h_e \neq 0$ ) (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

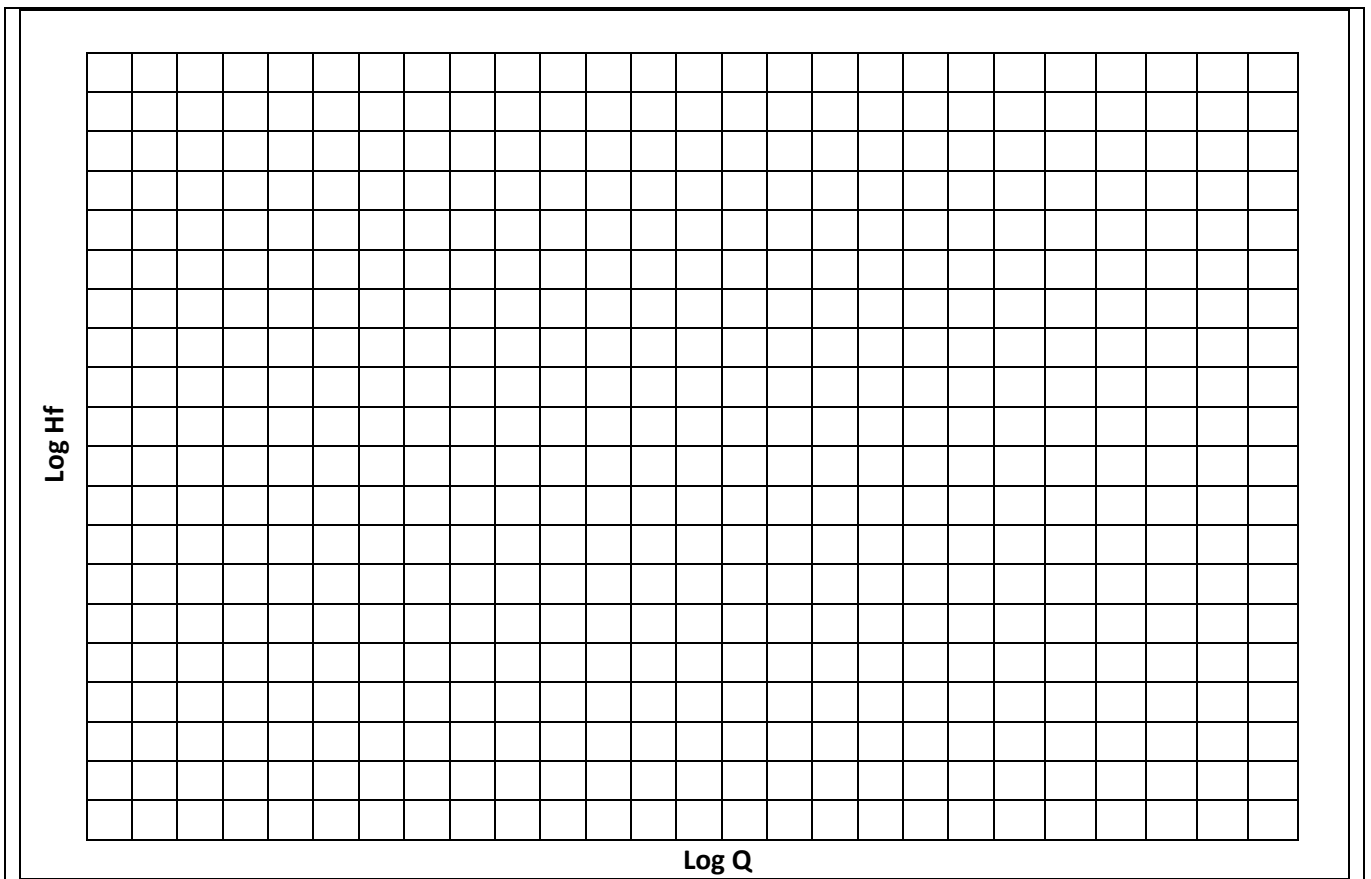
**Form 3.4 Pipa tikungan**

Tikungan Standar									
No	H1	H2	v (m/s)	Re	$\Delta h$ (HT) (m)	Hf (m)	Kb	Kl	R/D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
Tikungan Siku Tajam									
No	H5	H6	v (m/s)	Re	$\Delta h$ (HT) (m)	Hf (m)	Kb	Kl	R/D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
Tikungan R = 50 mm									
No	H15	H16	v (m/s)	Re	$\Delta h$ (HT) (m)	Hf (m)	Kb	Kl	R/D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

Tikungan R = 150 mm									
No	H13	H14	v (m/s)	Re	$\Delta h$ (HT) (m)	Hf (m)	Kb	Kl	R/D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
Tikungan R = 100 mm									
No	H11	H12	v (m/s)	Re	$\Delta h$ (HT) (m)	Hf (m)	Kb	Kl	R/D
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									

# 4. Analisis Data

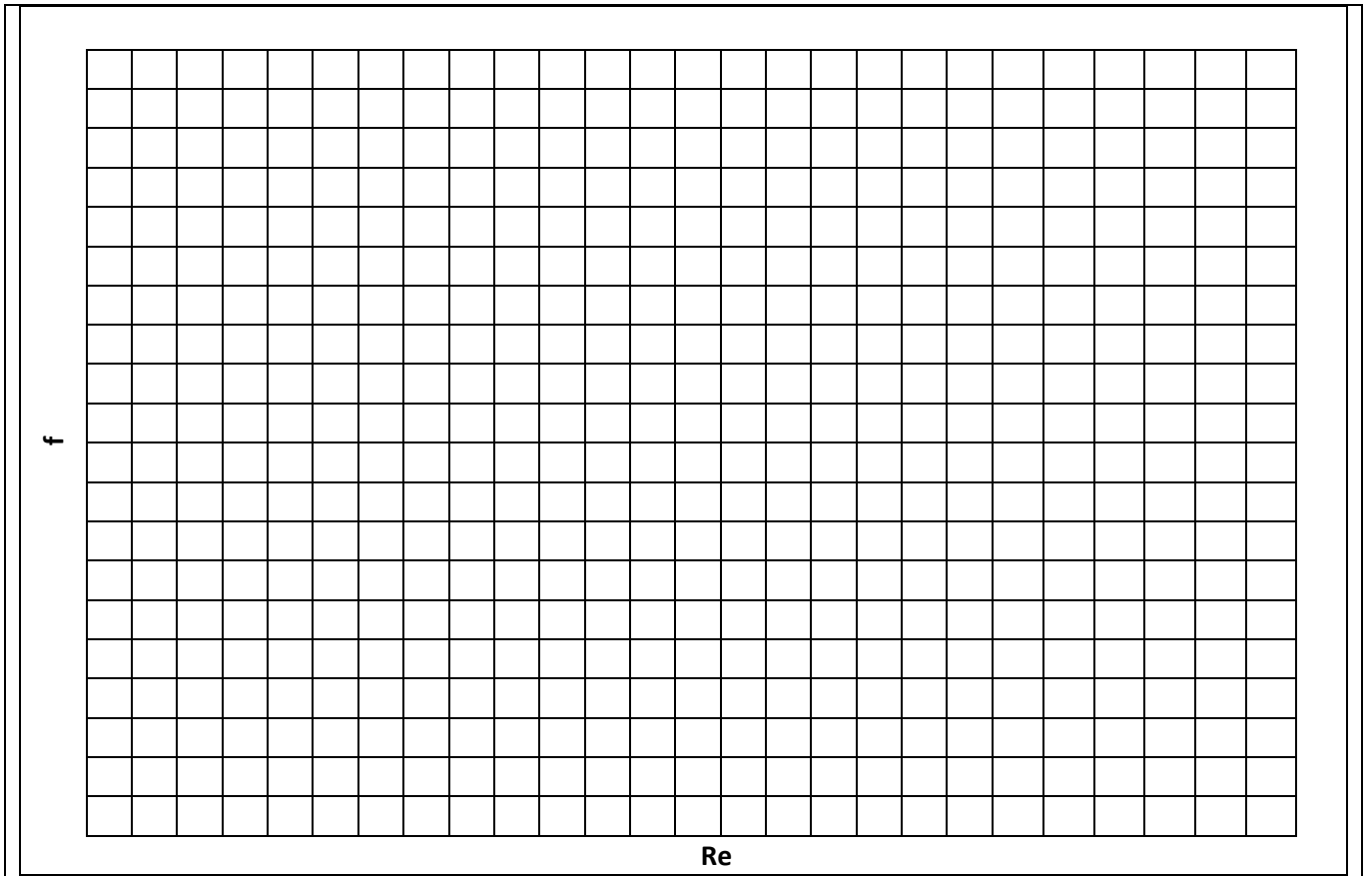
Grafik 4.1 Grafik Log Hf vs Log Q Pipa Biru dan Pipa Abu



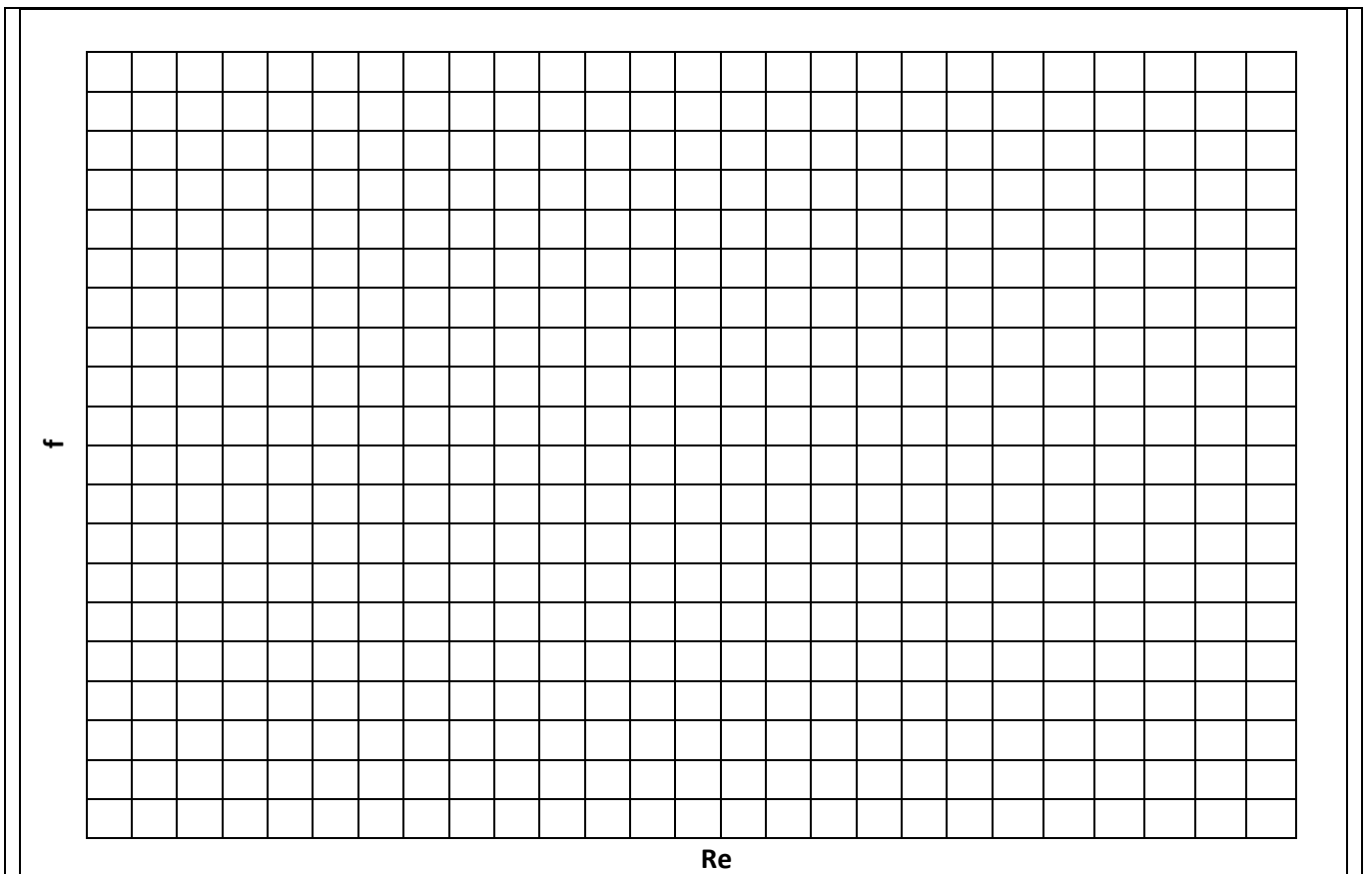
Form 4.1 Analisis Grafik Log Hf vs Log Q

A large rectangular area containing horizontal dotted lines, intended for handwritten analysis or calculations related to the graph above.

**Grafik 4.2 Grafik F blassius dan F darcy Vs Re (Pipa Biru)**

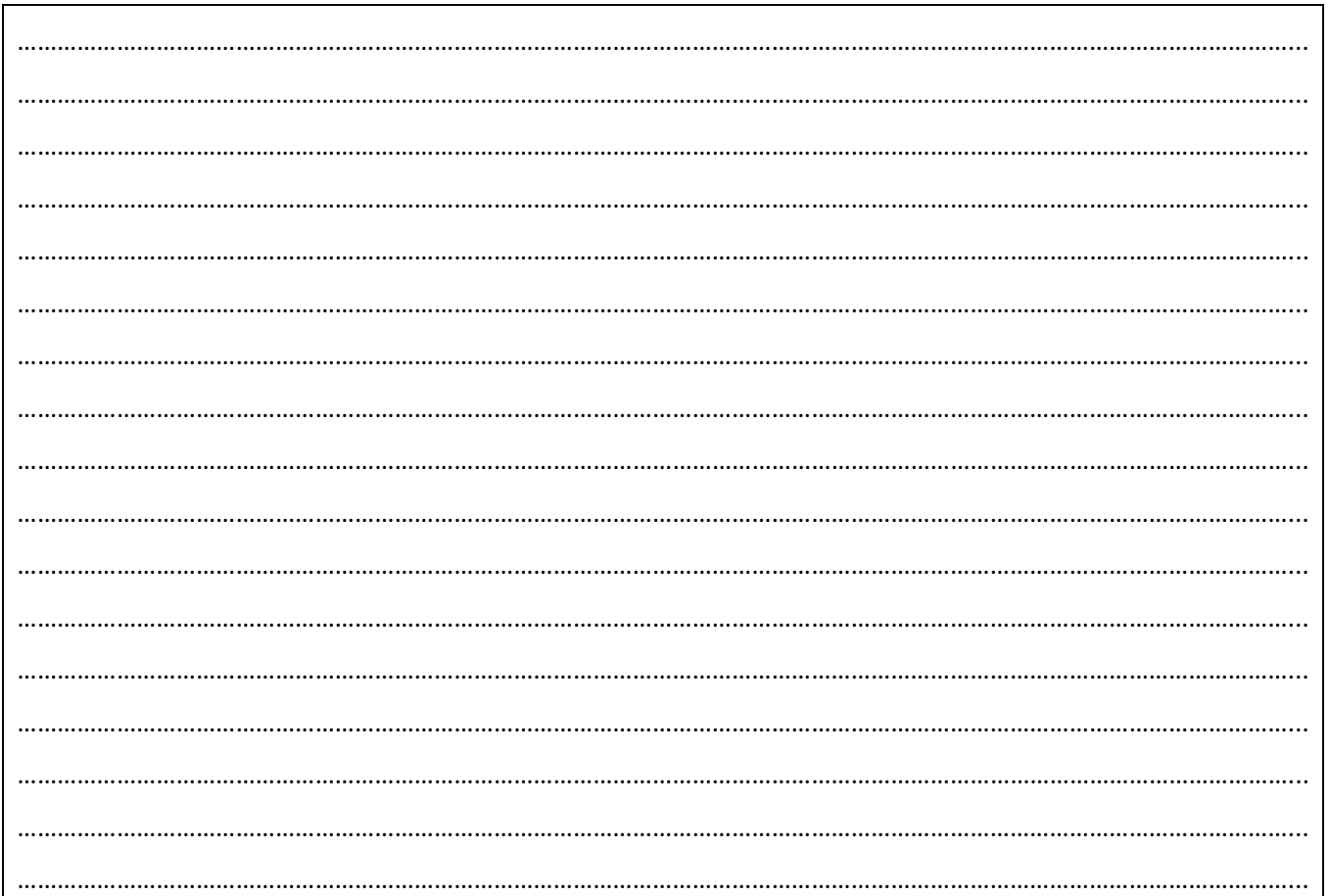


**Grafik 4.3 Grafik F blassius dan F darcy Vs Re (Pipa Abu)**

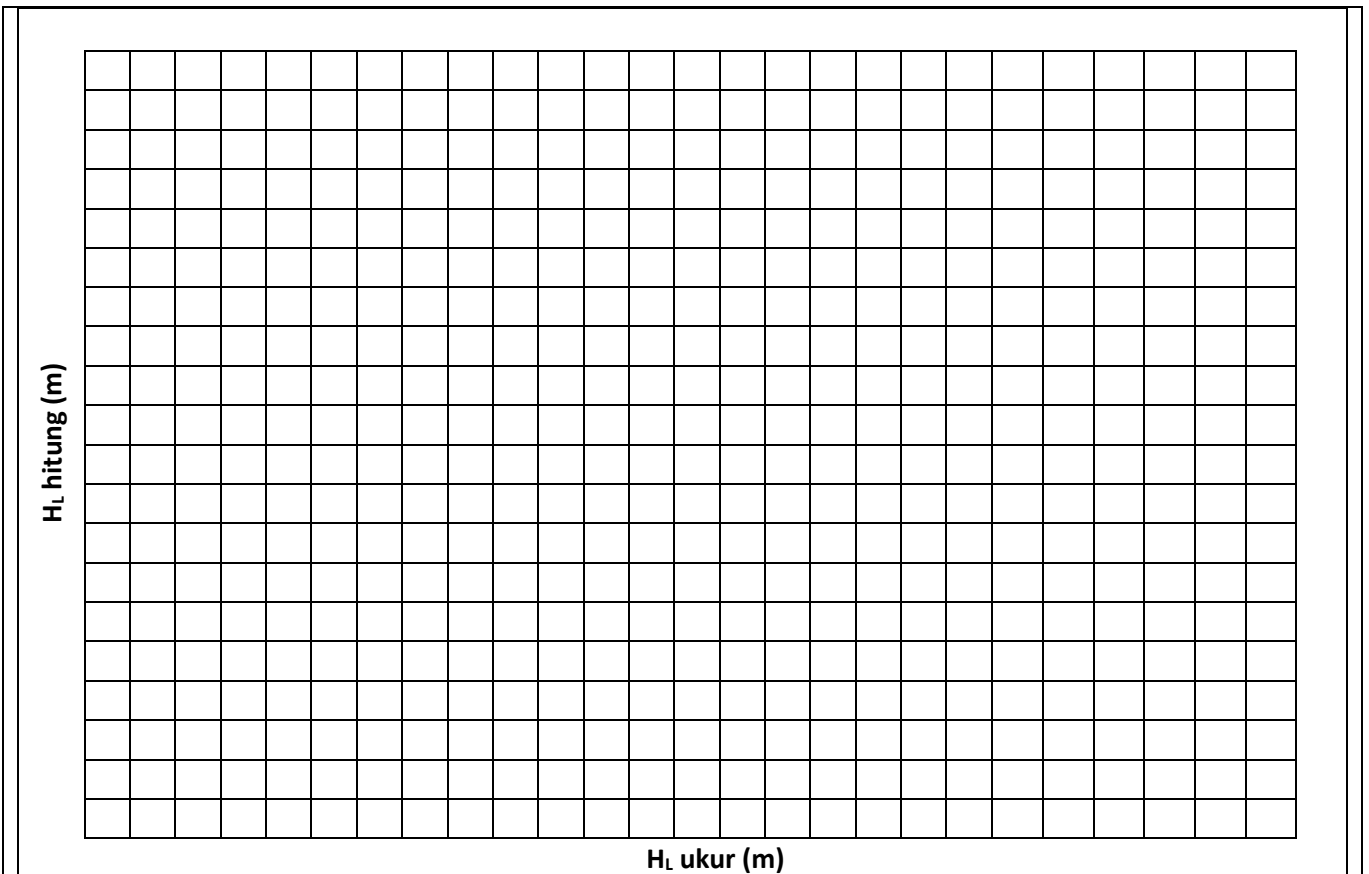




**Form 4.3 Analisis Grafik  $H_L$  hitung vs  $H_L$  ukur (Ekspansi)**



**Grafik 4.5  $H_L$  hitung vs  $H_L$  ukur (Kontraksi)**



**Form 4.4 Analisis Grafik  $H_L$  hitung vs  $H_L$  ukur (Kontraksi)**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

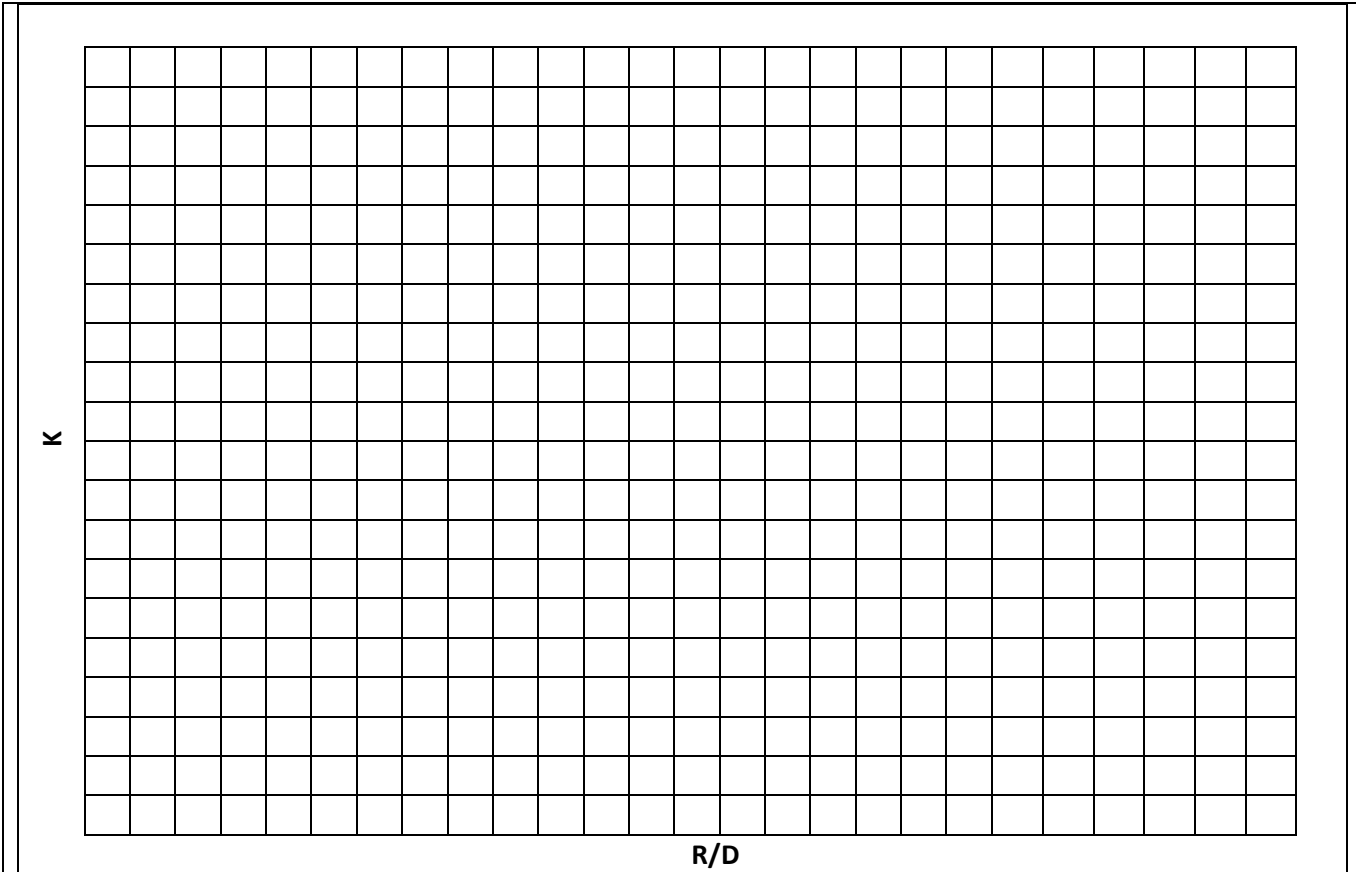
.....

.....

.....

.....

**Grafik 4.6  $K$  vs  $R/D$  pada Tikungan**



**Form 4.4 Analisis Grafik K vs R/D**

Dotted lines for writing analysis.

**Form 4.5 Kesimpulan dan Saran**

Dotted lines for writing conclusion and suggestions.



# 5. Dasar Teori

## Kehilangan Tinggi Tekan pada Pipa Lurus

Suatu pipa lurus dengan diameter (D) yang tetap, akan mempunyai kehilangan tinggi tekan akibat gesekan sepanjang pipa (L) sebesar :

$$h_L = f \frac{L v^2}{2 D g} \quad (5.1)$$

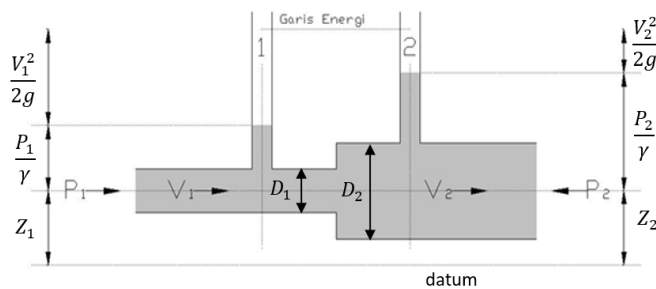
Persamaan di atas dikenal sebagai persamaan *Darcy-Weisbach* dengan f sebagai konstanta tidak berdimensi yang merupakan fungsi dari bilangan Reynolds dari aliran dan kekasaran permukaan pipa.

dimana :

- $h_L$  = kehilangan tinggi tekan akibat gesekan (m)
- f = koefisien gesek (tidak berdimensi)
- L = panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/detik)
- g = percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

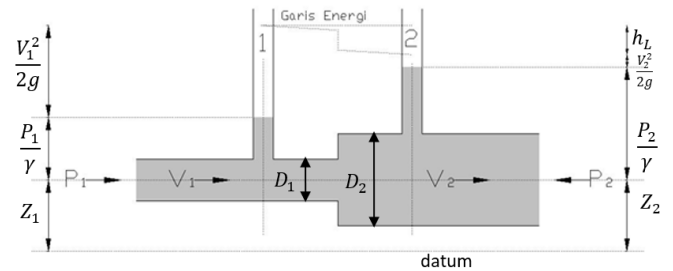
## Kehilangan Tinggi Tekan akibat Ekspansi Tiba-Tiba

### Tanpa kehilangan tinggi tekan



$$\frac{(P_2 - P_1)}{\gamma} = \frac{V_1^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right] \quad (5.2)$$

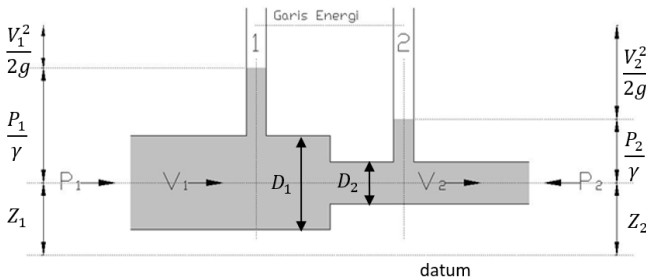
### Dengan kehilangan tinggi tekan



$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_1^2}{g} \left[ \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right] \quad (5.3)$$

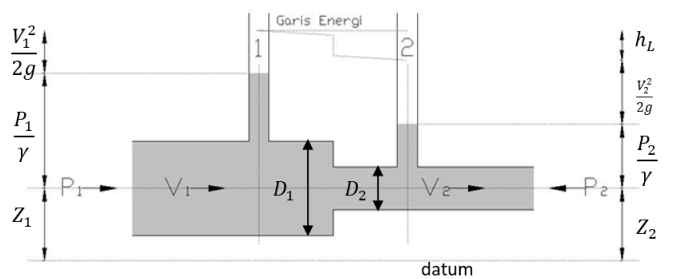
## Kehilangan Tinggi Tekan akibat Kontraksi Tiba-Tiba

### Tanpa kehilangan tinggi tekan



$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] \quad (5.4)$$

### Dengan kehilangan tinggi tekan



$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \left[ 1 - \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^4 - \left( \frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \right] \quad (5.5)$$

Dimana:

- $P_1$  : Tekanan pada titik tinjau 1
- $P_2$  : Tekanan pada titik tinjau 2
- $V_1$  : Kecepatan fluida pada titik tinjau 1
- $V_2$  : Kecepatan fluida pada titik tinjau 2

- $Z_1$  : Ketinggian titik tinjau 1 dari datum
- $Z_2$  : Ketinggian titik tinjau 2 dari datum
- $\gamma$  :  $\rho g$
- $\rho$  : Massa jenis fluida
- g : Percepatan gravitasi

## Kehilangan Tinggi Tekan akibat Adanya Katup

Kehilangan Tinggi Tekan Akibat katup ( $h_L$ ) adalah

$$h_L = \frac{(P_1 - P_2)}{\rho g}$$

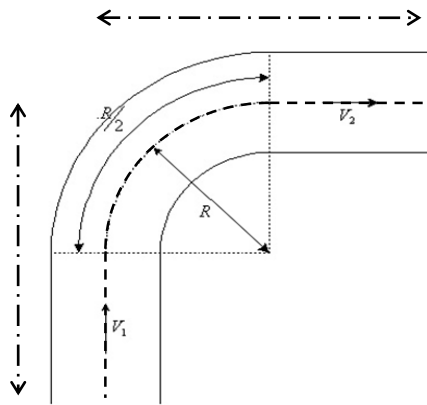
$$h_{L \text{ koreksi}} = 12,6 h_L$$

Koefisien kehilangan energi K dan  $K_{\text{koreksi}}$  adalah

$$K = h_L \left( \frac{2g}{V^2} \right)$$

$$K_{\text{koreksi}} = h_{L \text{ koreksi}} \left( \frac{2g}{V^2} \right)$$

## Kehilangan Tinggi Tekan akibat Tikungan pada Pipa



Keterangan

----- = Panjang lintasan

← · - · - · → = Panjang yang diketahui

Total panjang yang diketahui = 914,4 cm

Rumus umum kehilangan tinggi tekan pada pipa:

$$h_L = K \frac{V^2}{2g}$$

di mana:

- $h_L$  = kehilangan energi akibat tikungan
- $K$  = koefisien kehilangan tinggi tekan

Kehilangan tinggi tekan di dalam pipa di tikungan dan sepanjang yang diamati ( $h_T$ )

$$h_L = h_{LB} + h_f$$

Kehilangan tinggi tekan pada tikungan dibedakan atas dua macam:

1. Akibat perubahan geometri ( $h_{LB}$ ) dengan koefisien tinggi tekan  $K_B$
2. Akibat geometri dan gesekan pada tikungan  $\frac{1}{4}$  lingkaran ( $h_{LL}$ ) dengan koefisien kehilangan tinggi tekan  $K_L$

a. Akibat Perubahan Geometri Pipa

$$K_B = \frac{(h_T - h_f)2g}{v^2} \quad (5.6)$$

b. Akibat Gesekan Pipa

$$K_L = \frac{2g}{v^2} \left( h_T - \left[ 1 - \frac{\pi R}{2L} \right] h_f \right) \quad (5.7)$$

dimana :

- $g$  = percepatan gravitasi
- $R$  = jari-jari tikungan
- $L$  = panjang lintasan
- $h_T$  = kehilangan tinggi tekan pada tikungan
- $h_f$  = kehilangan tinggi tekan pada pipa lurus

## Pustaka

Chow, Ven Te, Ph.D. 1959. Open-Channel Hydraulics. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

Chow, Open Channels, Hidraulics, Mc Graw Hill, 1973.

Modul Mekanika Fluida dan Hidraulika, Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung,.