

JARINGAN PIPA



Pernahkah Anda membuka kran air dan mendapat air yang keluar sangat kecil? Padahal Anda yakin bak penampung air terisi penuh dan ketika Anda mencoba membukakranlaindaripenampunganairyangsama,airyangkeluarckupderas. Mengapa hal ini dapat terjadi?

Dalam modul ini akan dipelajari hilangnya kemampuan kerja (kehilangan tinggi tekan) aliran fluida karena gesekan serta sebab-sebab lainnya saat melalui suatu jaringan tata pipa.

3.1. Pendahuluan

3.1.1. Latar Belakang

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 I ini adalah kehilangan tinggi tekan akibat:

- a. Faktor gesekan pipalurus
- b. Kontraksitiba-tiba
- c. Ekspansitiba-tiba
- d. Tikungan pada pipa katup(*valve*)

Dalam analisis perhitungan percobaan aliran pada pipa ini, digunakan berbagai acuan dasar rumus yang diambil dari:

1. Persamaan Kontinuitas (*continuity equation*)
2. Persamaan Bernoulli
3. Persamaan Darcy-Weisbach
4. Persamaan Blassius
5. Bilangan Reynolds (*Reynolds series*)

3.1.2. Tujuan

Tujuan percobaan ini adalah

1. Mempelajari pengaruh koefisien gesekan pada pipa.
2. Menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan akibat:
 - a. Gesekan pada pipalurus,
 - b. Ekspansitiba-tiba,
 - c. Kontraksitiba-tiba,
 - d. Tikungan.

3.2. Landasan Teori

3.2.1. 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:

$$h_L = f \frac{Lv^2}{2Dg} \quad (3.1)$$

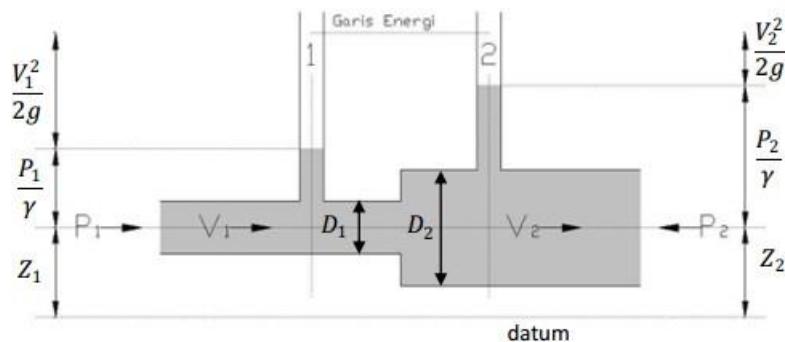
dimana:

- h_L = kehilangan tinggi tekan akibat gesekan(m)
- f = koefisien gesek (tidakberdimensi)
- L = panjang pipa(m)
- D = diameter pipa(m)
- v = kecepatan aliran(m/detik)
- g = percepatan gravitasi (m/detik²)

Persamaan diatas dikenal sebagai persamaan Darcy-Weisbach dengan sebagaimana konstanta tidak berdimensi yang merupakan fungsi dari bilangan Reynolds dari aliran dan kekasaran permukaan pipa

3.2.2. Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Ekspansi Tiba-tiba

a. Tanpa kehilangan tinggi tekan

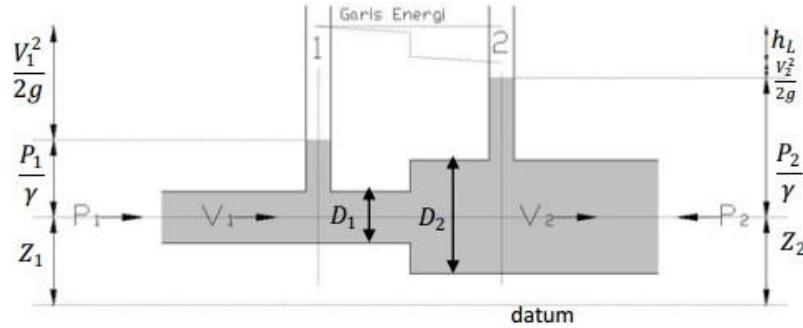


Gambar 3.1 Ekspansi tanpa Kehilangan Tinggi Tekan

Persamaannya adalah:

$$\frac{(P_2 - P_1)}{\gamma} = \frac{V_1^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right] \quad (3.2)$$

b. Dengan Kehilangan Tinggi Tekan



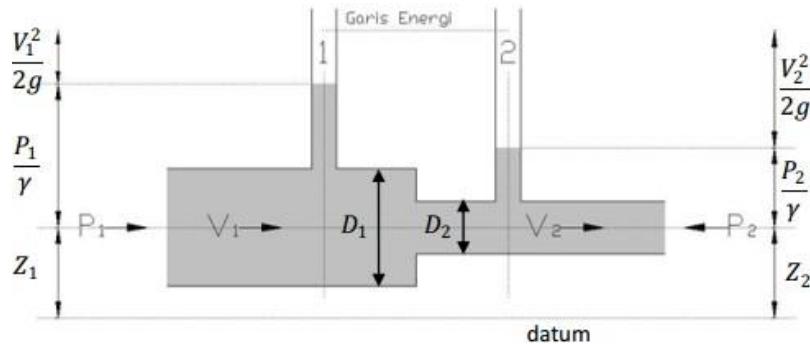
Gambar 3.2 Ekspansi dengan Kehilangan Tinggi Tekan

Persamaannya adalah:

$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_1^2}{g} \left[\left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^4 \right] \quad (3.3)$$

3.2.3. Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Kontraksi Tiba-tiba

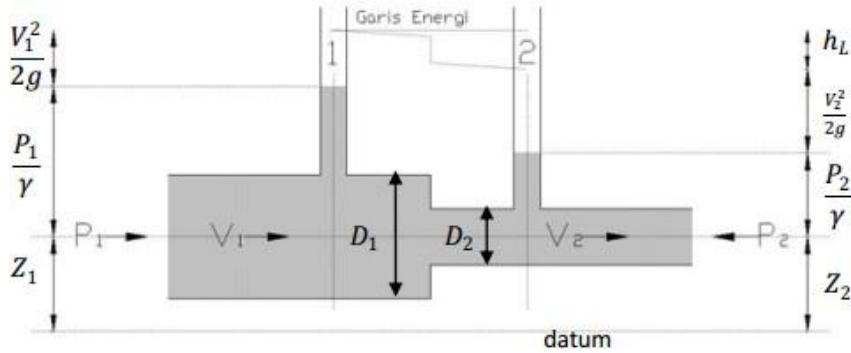
a. Tanpa kehilangan tinggi tekan



Gambar 3.3 Kontraksi tanpa Kehilangan Tinggi Tekan

Persamaannya adalah:
$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^4 \right] \quad (3.4)$$

b. Dengan kehilangan tinggi tekan



Gambar 3.4 Kontraksi dengan Kehilangan Tinggi Tekan

Persamaannya adalah:

$$\frac{(P_1 - P_2)}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} \left[1 - \left(\frac{D_2^4}{D_1^4} \right) - \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \right] \quad (3.5)$$

Keterangan:

- \$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

3.2.4. Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Adanya Katup

Kehilangan Tinggi Tekan Akibat katup (\$h_L\$) adalah

$$h_L = \frac{(C_1 - C_2)}{C_1 C_2}$$

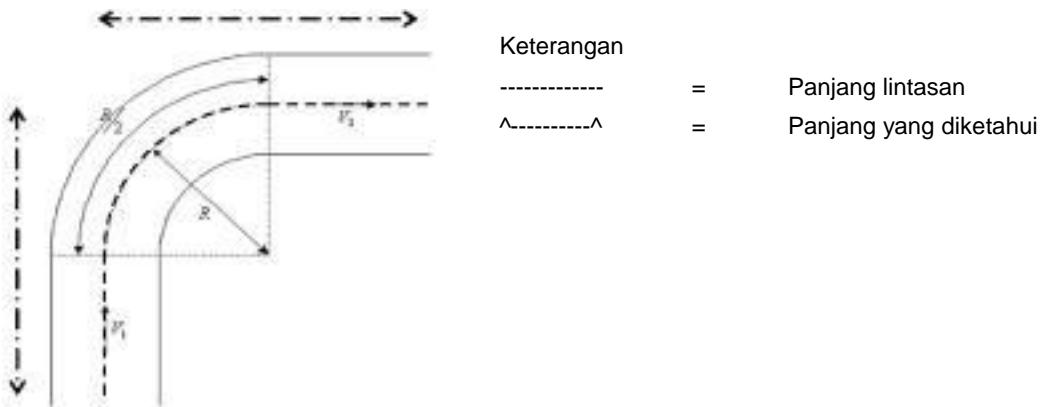
$$h_L = \frac{V^2}{2g}$$

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

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

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

3.2.5. Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Tikungan Pada Pipa



Rumus umum kehilangan tinggi tekan pada pipa:

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

dimana:

- 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)

$$h_T = h_L + h_L$$

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 (% lingkaran) (h_{LL}) dengan koefisien kehilangan tinggi tekan K_L
 - a. Akibat Perubahan Geometri Pipa

$$\frac{1}{2} \frac{(h_T - h_f)}{v^2} \quad (3.6)$$

b. Akibat GesekanPipa

$$K_L = \frac{2g}{v^2} \left(h_T - \left[1 - \frac{\pi R}{2L} \right] h_f \right) \quad (3.7)$$

dimana:

- g = percepatan gravitasi
- R = jari-jaritikungan
- L = panjang lintasan
- h_T = kehilangan tinggi tekan pada titikungan
- h_f = kehilangan tinggi tekan pada pipalurus

3.3. Alat-Alat Percobaan

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah 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.



Gambar 3.6 Jaringan/Sirkuit Pipa

3.4. Prosedur Kerja

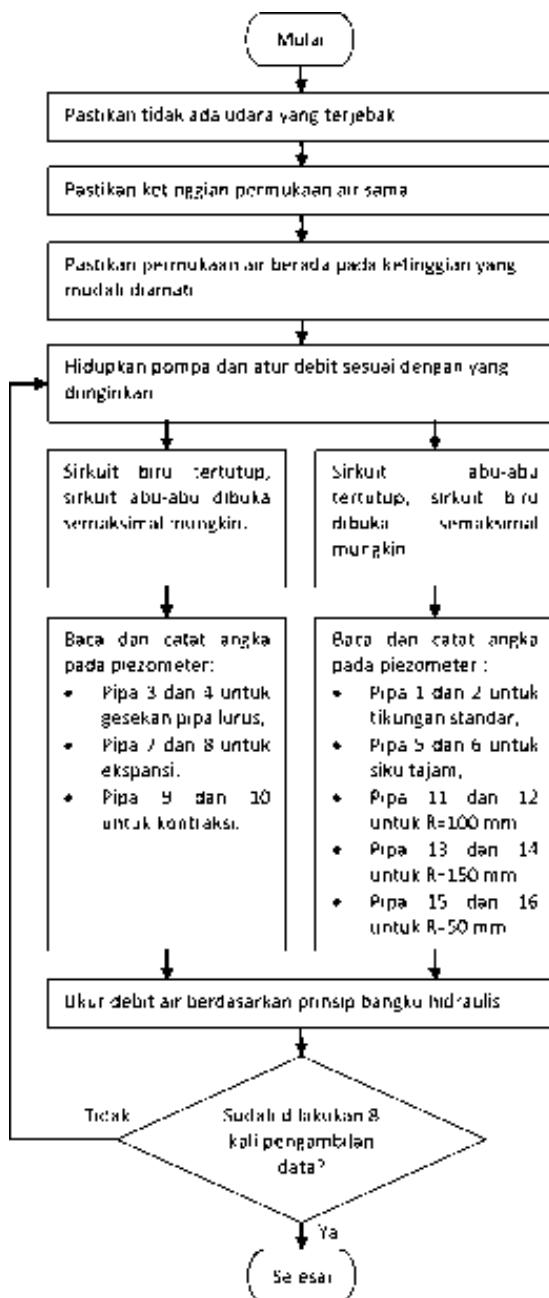
Prosedur kerja percobaan ini adalah

1. Memeriksa tabung-tabung piezometer sehingga tidak ada udara yang terjebak di dalamnya. Prosedur ini dilakukan dengan menjalankan memompakan udara kedalam 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 namun mendapatkan aliran yang maksimum di sepanjang pipa.
3. Membaca dan mencatat tangkap 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 hidrolik.
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.

Secara umum, prosedur kerja tersebut dapat terangkum dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.7 Diagram alir prosedur kerja praktikum kehilangan tekan pada aliran melalui pipa



Foto Praktikum Jaringan Pipa

3.5. Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam percobaan ini adalah debit yang dihasilkan dengan prinsip kerja bangku hidrolik dan bacaan pada piezometer. Untuk lebih jelasnya dalam pengambilan data, gunakan formulir pengamatan yang terdapat pada bagian akhir modul dan gunakan panduan tabel di bawah ini:

Tabel 3. 1 Spesifikasi Data yang Diambil Selama Percobaan

No.	Lembar Data	Data yang Diambil	Simbol	Sat.	Jumlah Data Total	Keterangan
1	Tabel debit (Modul I dan Modul II)	Temperatur	T	°C	1	Temperatur pada saat praktikum berlangsung digunakan pada seluruh perhitungan yang membutuhkan data
		Waktu pengisian air	t	detik	1x perubahan debit = 8	Baca peringatan pada flowchart
		Berat beban	W	kg	1	Beban untuk bangku hidrolik disamakan untuk seluruh pengukuran debit
2	Tabel Bacaan Piezometer Pada Aliran Melalui Belokan	Tinggi air pada pipa tikungan standar	1	mm	1x perubahan debit = 8	
			2	mm		
		Tinggi air pada tikungan siku tajam	5	mm		
			6	mm		
		Tinggi air pada tikungan, R = 100 mm	11	mm		
			12	mm		
		Tinggi air pada tikungan, R = 150 mm	13	mm		
			14	mm		
		Tinggi air pada tikungan, R = 50 mm	15	mm		
			16	mm		
	Tabel Bacaan	Tinggi air pada pipa	3	mm		

3	Piezometer Modul II : KTT Pada Aliran Melalui Pipa Lurus, dan Penyempitan	Iurus sirkuit biru	4	mm	1x perubahan debit = 8	
		Tinggi air pada pipa	8	mm		
		Iurus sirkuit abu-abu	9	mm		
		Tinggi air pada	7	mm		
		ekspansi sirkuit abu-abu	8	mm		
		Tinggi air pada	9	mm		
		kontraksi sirkuit abu-abu	10	mm		

3.6. Pengolahan Data

Tabel 3.2 Langkah-langkah Pengolahan Data

No	Langkah	Formulir Pengamatan	Keterangan	Nama Gambar/Grafik
1	Menghitung besar Debit(Q) dengan prinsip bangku	Tabel data pada lembar 1 dan 2	lihat lampiran prinsip bangku	
2	Menghitung kehilangan mbar 2 DataUntuk tinggi tekan akibat gesekan pada pipa lurus : a. Hitungh.. Hitung besarnya bilangan Reynolds (Re) Hitung besarnya koefisien gesekan menurut Blassius	Untuk empatgrafik	a. Gunakan rumus 1.1.	Grafik 1.1 logh,vs log Q pipa biru Grafik 1.2 f vs Re pipa biru Grafik 1.3logh,vs log Q pipa abu-abu Grafik 1.4 log fvs Re pipa abu-abu
3	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat ekspansi tiba-tiba: Hitung kecepatan pada titik tinjau 1 (V_1). Hitung perbedaan tinggi tekan hasil pengukuran. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil perhitungan dengan adanya kehilangan	Lembar 2 Data Untuk Membuat Grafik $H_{\text{perhitungan}} \text{ vs } H_{\text{pengukuran}}$ akibat ekspansi	a. Gunakan Persamaan Kontinuitas dengan memasukkan nilai Q dan D yang telah diketahui. b. Berdasarkan	Grafik 1.5 $H_{\text{perhitungan}} \text{ vs } H_{\text{pengukuran}}$ akibat ekspansi
4	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat kontraksi tiba-tiba: Hitung kecepatan pada titik tinjau 2 (V_2) Hitung perbedaan tinggi tekan hasil pengukuran. Cari harga koefisien kontraksi Cc. Hitung perbedaan tinggi tekan hasil perhitungan dengan adanya kehilangan tinggi	Lembar 2 Data Untuk Membuat Grafik $H_{\text{perhitungan}} \text{ vs } H_{\text{pengukuran}}$ akibat kontraksi	a. Gunakan Persamaan Kontinuitas dengan memasukkan nilai Q dan D yang telah diketahui. b. Berdasarkan Hasil Pengamata	Grafik 1.6 $H_{\text{perhitungan}} \text{ vs } H_{\text{pengukuran}}$ akibat kontraksi

5	Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat tikungan: Untuk Membuat Lembar 1 Data	a. - b. -	Grafik 1.7 K vs R/D
---	--	--------------	---------------------

No.	Langkah	Formulir Pengamatan	Keterangan	Nama Gambar/Grafik
	(V) pada tikungan Hitung besarnya bilangan Reynolds (Re) Hitung koefisien gesekan (f) menurut Blassius Hitung kehilangan tinggi tekan total h_f (dari selisih piezometer untuk tikungan), menghitung kehilangan tinggi tekan akibat gesekan (h_f). Hitung kehilangan tinggi tekan		d. - e. Gunakan rumus 1.6. f. Gunakan rumus 1.7.	

3.7. Analisis Data

Dari hasil perhitungan sebelumnya, lihatlah kembali grafik-grafik yang telah dibuat dan lakukanlah analisis sebagai berikut:

Tabel 3.3 Grafik dan Analisis

No.	Grafik	Hal-hal yang Perlu Dianalisis
1	Grafik 1.1 log h_f Vs Log Q untuk pipa lurus	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan pembuatan grafik tersebut. Hubungan log h_f dan log Q
2	Grafik 1.2 $f_{blasisus}$ dan $f_{darcy-weisbach}$ vs Re untuk pipa lurus	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan pembuatan grafik tersebut. Hubungan dengan Re Hubungan/perbedaan nilai $f_{blasisus}$ dan $f_{darcy-weisbach}$
3	Grafik 1.3 $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ untuk ekspansi tiba-tiba	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan pembuatan grafik tersebut. Hubungan/perbedaan $H_{perhitungan}$ dan $H_{pengukuran}$
4	Grafik 1.4 $H_{perhitungan}$ vs $H_{pengukuran}$ untuk kontraksi tiba-tiba	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan pembuatan grafik tersebut. Hubungan/perbedaan nilai $H_{perhitungan}$ dan $H_{pengukuran}$
5	Grafik 1.5 K vs R/D pada tikungan	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan pembuatan grafik tersebut. Hubungan/perbedaan nilai K dan R/D

3.8. Kesimpulan

Buatlah kesimpulan yang mengacu pada tujuan praktikum dan saran untuk perbaikan di masa mendatang.

3.9. Daftar Pustaka

Streeter, Victor L., and Wylie, Benjamin E. 1975. *Fluid Mechanics*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.

FORMULIR PENGAMATAN
Modul II: KEHILANGAN TEKAN PADA ALIRAN MELALUI BELOKAN
DALAM SALURAN TERTUTUP

Praktikan: Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil

No.Kelompok:

Lembar-1/2

No	Nama	NIM	Paraf	TANGGAL PRAKTIKUM
1				Asisten : (.....)
2				
3				
4				
5				
TANGGAL TERAKHIR PEMASUKAN LAPORAN :				

Data alat

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

No. Per- coba- an	Jam	Pengukuran Debit dan Temperatur				No. Per- coba- an	Jam	Pengukuran Debit dan 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							
		Standar, (l)=..... mm			Siku tajam,(l)= mm				
1		1 2 A h			5 6 A h				
		R : 100 mm,(l)=..... mm			R : 150 mm,(l)=..... mm				
		11 12 A h			13 14 A h				
2		R : 50 mm,(l)=..... mm			R..... Mm,(l) =..... mm				
		15 16 A h							
		Standar, (l)=..... mm			Siku tajam,(l)= mm				
3		1 2 A h			5 6 A h				
		R : 100 mm,(l)=..... mm			R : 150 mm,(l)=..... mm				
		11 12 A h			13 14 A h				
		R : 50 mm,(l)=..... mm			R..... mm,(l) =..... mm				
		15 16 A h							
		Standar, (l)=..... mm			Siku tajam,(l)= mm				

No. Perco baan	Jam	Bacaan Piezometer																																																					
4		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
5		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																
6																																																							
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
7		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
8		15 16 A h					A h							Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm					1 2 A h	5 6 A h					R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm					11 12 A h	13 14 A h					R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm					15 16 A h					A h						
		15 16 A h					A h																																																
		Standar, (l)=.....mm	Siku tajam,(l)= mm																																																				
		1 2 A h	5 6 A h																																																				
		R 100 mm,(l)=..... mm	R 150 mm,(l)= mm																																																				
		11 12 A h	13 14 A h																																																				
		R 50 mm,(l) =.....mm	R..... mm,(l)=.....mm																																																				
		15 16 A h					A h																																																

FORMULIR PENGAMATAN

Modul II: KEHILANGAN TEKAN PADA ALIRAN MELALUI PIPA LURUS, PELEBARAN DAN PENYEMPITAN

Praktikan: Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil

No. Kelompok: Lembar - 2/2

No	Nama	NIM	Paraf	TANGGAL PRAKTIKUM
1				Asisten :
2				
3				
4				
5				
TANGGAL TERAKHIR PEMASUKAN LAPORAN :				(.....)

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	A h	8	9	A h		
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu				
		7	8	A h	9	10	A h		
		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu				
2		3	4	A h	8	9	A h		
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu				
		7	8	A h	9	10	A h		
		Pipa lurus sirkuit biru			Pipa lurus sirkuit abu-abu				
3		3	4	A h	8	9	A h		
		Pelebaran sirkuit abu-abu			Penyempitan sirkuit abu-abu				
		7	8	A h	9	10	A h		

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

OSBORNE REYNOLD

I. MAKSUD DANTUJUAN

1. Mengamati jenis-jenis aliran fluida
2. Menentukan bilangan Reynolds berdasarkan debit
3. Mencari hubungan antara bilangan Reynolds dengan jenis aliran
4. Mengamati profil parabolik dari aliran laminer.

II. ALAT DAN BAHAN

1. Jarum dan Tinta.
2. Pesawat Osborne Reynolds
3. Gelas ukur
4. Stop watch
5. thermometer

III. PROSEDURPERCOBAAN

1. Letakkan perangkat Reynolds pada permukaan yang tetap dan bebas getaran (bukanhydraulic bench) dan pastikan bahwa dasar permukaan horizontal.
2. Hubungkan penghubung outlet bench ke pipa inlet. Hubungkan luapan tangki head ke tangki volumetrik hydraulic bench.
3. Nyalakan pompa. Perlahan-lahan buka katup kontrol aliran, kemudian buka katup bench dan biarkan sistem terisi air. Periksa bahwa pipa visualisasi aliran terisi dengan benar. Ketika ketinggian air pada tangki head mencapai tabung luapan, sesuaikan katup kontrol bench untuk menghasilkan debit keluar yang rendah.
4. Periksa bahwa katup kontrol pewarna juga tertutup. Tambahkan pewarna ke penampung pewarna (dye reservoir) sampai terisi 2/3 penuh. Hubungkan jarum hypodermik. Tahan peralatan pewarna di atas bak pencuci, dan buka katup, untuk memeriksa aliran bebas pewarna.
5. Sesuaikan katup bench dan katup pengontrol aliran untuk mengembalikan debit yang keluar ke aliran yang pelan (jika dibutuhkan), kemudian diamkan alat sekurang-kurangnya lima menit

sebelum memulai percobaan lagi.

6. Amati jenis aliran yang terjadi.
7. Ukur debit volume dengan waktu yang terkumpul, dan ukur temperatur aliran yang keluar (temparatur air yang terkumpul di silinder pengukur). Tentukan viskositas kinematik dari lembardatayangdisediakan,dan periksa angka Reynolds yang berhubungan dengan tipe aliran ini.
8. Lakukan pengamatan beberapa kali sampai didapat jenis aliran laminar, transisi, dan turbulen dengan mengatur debit.
9. Gambarkan grafik hubungan antara kecepatan aliran (v) dengan bilangan Reynolds (Re).



Foto Praktikum Osborne Reynold

IV. NOMENKLATUR

Judul kolom	Satuan	Lambang	Tipe	Deskripsi
Diameter pipa percobaan	m	d	Diberikan	Diameter pada pipa percobaan. Diameter diukur dalam mm. Konversikan ke meter untuk perhitungan
Volume terkumpul	m^3	V	Diukur	Volume fluida yang terkumpul pada silinder pengukur. Volume diukur dalam ml. Konversikan ke meter kubik untuk perhitungan (bagi pembacaan dengan 1,000,000)
Waktu pengumpulan	s	t	Diukur	Waktu yang diambil untuk mengumpulkan volume air pada tabung silinder.
Temperatur air	$^{\circ}\text{C}$		Diukur	Temperatur air yang meninggalkan session percobaan
Viskositas kinematik	m^2/s	v	Diukur	Lihat tabel
Debit	m^3/s	Q_t	Dihitung	$Q_t = \frac{V}{t} = \frac{\text{Volume terkumpul}}{\text{Waktu pengumpulan}}$
Kecepatan	cm/s	V	Dihitung	Kecepatan fluida melalui pipa $V = \frac{\text{Debit}}{\text{Luasan pipa}}$
Angka Reynolds		Re	Dihitung	$\text{Re} = \frac{ud}{v}$

Data teknis: Diameter pipa $d = 0.010$ m

Luasan melintang pipa $A = 7.854 \times 10^{-5}$ m^2

(Dimensi-dimensi dari peralatan berikut ini bisa diperiksa kembali sebagai bagian dari prosedur percobaan dan diganti dengan pengukuran anda sendiri).

V. TEORI

Aliran dapat dibedakan dalam aliran laminer dan turbulen. Aliran lambat didominasi oleh gaya viskos, cenderung beraturan, bisa diprediksikan dan disebut laminer. Pada aliran laminer, fluida berkelakuan seperti lapisan-lapisan konsentris (laminer) yang saling meluncur dengan kecepatan maksimum pada sumbunya, kecepatan nol pada dinding tabung dan membentuk sebuah distribusi kecepatanparabolik. Pewarna yang diinjeksikan pelan pada suatu titik pada aliran pipa laminer akan meluncur bersamaan dengan aliran untuk membentuk garisnya tadi jelas.

Pencampuran hanya bisa terjadi dengan difusimolekular. Penambahan debit secara perlahan-lahan akan mengubah perlakuan aliran karena rincian aliran (sehubungan dengan karakternya) menjadi lebih signifikan dari gaya viskos; hal ini menjadikan aliran menjadi turbulen. Pada aliran pipa turbulen, pewarna yang diinjeksikan pada suatu titik dengan cepat akan tercampur sehubungan dengan gerak lateral substansial dalam aliran dan perlakuan pewarna tampak menjadi chaos (tidak beraturan). Gerakan ini muncul tidak beraturan dan muncul dari pertambahan ketidakstabilan dalam aliran. Perlakuandetailtidakmungkin diprediksikan kecuali dengan hal statistika.

Ada sebuah tingkat antara, aliran transisional, di mana aliran berwarna akan muncul kacau dan menunjukkan semburan percampuran yang kadang-kadang tidak diikuti oleh perlakuan yang lebih laminer. Angka Reynolds, Re , menyediakan cara yang berguna untuk menentukan karakteristik aliran, didefinisikan sebagai:

$$Re = \frac{ud}{\nu}$$

Dengan: ν adalah viskositas kinematik

u adalah kecepatan rata yang diberikan untuk volume debit

d adalah diameter pipa.

Bila bilangan Reynolds dari aliran fluida tertentu dalam suatu pipa nilainya kurang dari 2000 maka aliran yang terjadi adalah laminar, sedangkan bila lebih dari 4000 maka aliran yang terjadi adalah turbulen.

Tabel Viskositas kinematik air pada tekanan atmosfer

Temperatur (derajat Celcius)	Viskositas Kinematik ν ($10^{-6} \times m^2/s$)	Temperatur (derajat Celcius)	Viskositas Kinematik ν ($10^{-6} \times m^2/s$)
0	1.793	25	0.893
1	1.732	26	0.873
2	1.674	27	0.854
3	1.619	28	0.836
4	1.568	29	0.818
5	1.520	30	0.802
6	1.474	31	0.785
7	1.429	32	0.769
8	1.386	33	0.753
9	1.346	34	0.738
10	1.307	35	0.724
11	1.270	36	0.711
12	1.235	37	0.697
13	1.201	38	0.684
14	1.169	39	0.671
15	1.138	40	0.658
16	1.108	45	0.602
17	1.080	50	0.554
18	1.053	55	0.511
19	1.027	60	0.476
20	1.002	65	0.443
21	0.978	70	0.413
22	0.955	75	0.386
23	0.933	80	0.363
24	0.911	85	0.342

Contoh. Pada 20° viskositas kinematik air adalah $1.002 \times 10^{-6} m^2/s$.

PELIMPAH (DISCHARGE OVER A NOTCH)

I. MAKSDUD DAN TUJUAN

Untuk menentukan dan meneliti pengaruh koefisien debit (C_d) terhadap besarnya debit dan tinggi muka air yang terjadi.

II. ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Bak penampung air
2. Bak pengaliran
3. Pelimpah berbentuk segitiga
4. Alat tinggi muka air
5. Gelas ukur
6. Stopwatch

III. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Pelimpah dipasang pada bak pengaliran.
2. Air dialirkan dari bak penampungan ke bak pengaliran dan diusahakan agar tinggi muka air yang melalui pelimpah, tingginya menjadi konstan.
3. Setelah konstan, melalui selang air yang dialirkan dari bak pengaliran kemudian ditampung selama beberapa detik (ditentukan oleh asisten).
4. Diulangi percobaan di atas dengan waktu yang berbeda.
5. Diulangi percobaan dengan debit yang berbeda.

IV. TEORI DASAR

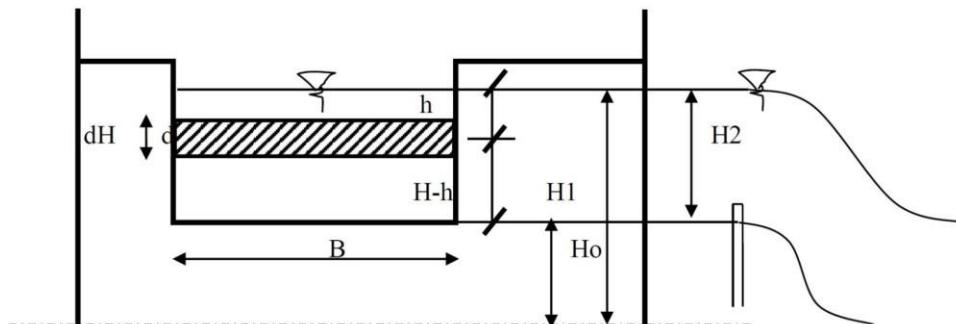
Sebagaimana diketahui, pelimpah berfungsi untuk mengatur debit dan tinggi air yang akan melalui suatu saluran air. Maka untuk mengetahui besarnya, diperlukan percobaan – percobaan yang sesuai dengan bentuknya.

Untuk mendapatkan persamaan pengaliran, maka kita perlu memperhatikan luasnya : $dA = B \cdot dh$.

Pada gambar di bawah ini diketahui kecepatan teoritis air yang mengalir melalui pelimpah = $\sqrt{2gh}$, maka debit yang mengalir melalui element ini adalah :

$$dQ = B \cdot dh \cdot \sqrt{2gh}$$

$$\begin{aligned} Q &= \int_0^h d \cdot Q = \int_0^h B \cdot dh \cdot \sqrt{2gh} \\ &= 2/3 \cdot B \cdot H \cdot \sqrt{2gh} \end{aligned}$$



Nilai Q diatas adalah secara teoritis, dalam keadaan sebenarnya air yang meluap lebih kecil dari $(B \cdot dh)$. maka perlu diintroduksi bila mana konstanta (C_d) yang disebut koefisien lepas. Nilai C_d ini ditentukan secara eksperimen. Dalam praktek debit yang mengalir adalah :

$$Q = 2/3 C_d \times B \times H \times \sqrt{2gh}$$

$$Cd = \frac{3 \cdot Q}{2 \cdot B \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}}$$

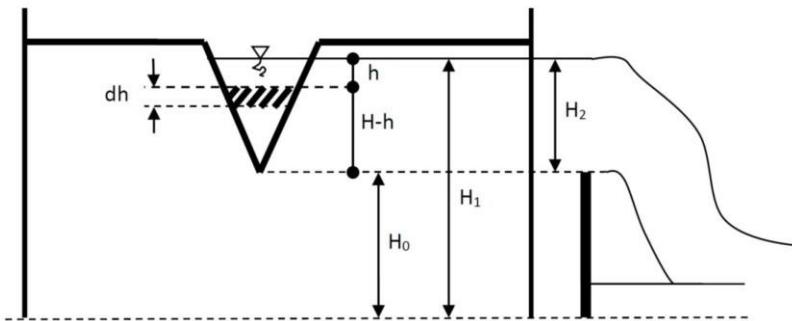
Dimana :

- B = Lebar dasar pelimpah
- Cd = Koefisien pengaliran
- H = Tinggi air dasar pelimpah

Dari rumus dapat asumsi :

1. Apabila tinggi muka air tetap dan debit makin besar, maka Cd-nya makin besar.
2. Apabila debit tetap, muka air H makin besar, maka Cd-nya makin kecil.

Fungsi dari pelimpah adalah untuk mengatur debit dan tinggi muka air yang melalui saluran air. Salah satunya adalah ambang tajam dengan jenis pelimpah/peluap segitiga.



$$b =$$

$$H \cdot \tan \theta / 2$$

$$b = (H - h) \cdot \tan \theta / 2$$

$$\text{Luas Elemen : } dA = (2b) \cdot dh$$

$$dA = 2(H - h) \cdot \tan \theta / 2 \cdot dh$$

$$\text{Kecepatan air yang mengalir melalui elemen : } V \sqrt{2gh}$$

$$\text{Elemen debit } dQ \text{ yang melalui pelimpah} = Cd \cdot dA \cdot V$$

$$dQ = Cd \cdot 2(H - h) \cdot \tan \theta / 2 \cdot dh \sqrt{2gh}$$

$$dQ = Cd \cdot 2 \cdot \tan \theta / 2 \cdot \sqrt{2gh} (H - h) \cdot h^{1/2} \cdot dh$$

$$dQ = Cd \cdot 2 \cdot \tan \theta / 2 \cdot \sqrt{2gh} (H \cdot h^{1/2} - h^{3/2}) \cdot dh$$

$$Q = Cd \cdot 2 \cdot \tan \theta / 2 \cdot \sqrt{2gh} [H \cdot 2/3 \cdot h^{3/2} - 2/5 h^{5/2}]_0^H$$

$$Q = Cd \cdot 2 \cdot \tan \theta / 2 \cdot \sqrt{2g} (4/15 - Hh^{5/2})$$

$$Q = Cd \cdot 2 \cdot \tan \theta / 2 \cdot \sqrt{2g} \cdot (H^{5/2})$$

$$Cd = \frac{15 Q}{8 \cdot \tan \theta / 2 \sqrt{2g} H^{5/2}}$$

Dalam teori, biasanya Cd = 0.6, tetapi dalam prakteknya Cd sebenarnya tergantung pada tinggi pelimpah, bentuk pelimpah dan lain sebagainya. Asumsi – asumsi yang dapat diambil dari pelimpah segitiga adalah :

1. Apabila tinggi muka air tetap dan debit makin besar, maka Cd-nya makin besar.
2. Apabila debit tetap, muka air H makin besar, maka Cd – nya makin kecil.

V. MENGIKUR DEBIT CARA UNTUK MENGIKUR DEBIT TEORITIS

- Menghitung H
- Menghitung debit dengan rumus yang sesuai

Bagaimana menghitung H?

- Biarkan air mengalir di atas pintu air hingga ketinggian air turun sampai “tingkat ambang” pintu air dan aliran air berhenti.
- Biarkan ujung “titik ukur” menyentuh level air. Catat bacaannya sebagai h_0 .
- Biarkan ketinggian air naik dan air mengalir di atas pintu air.
- Naikkan pengukur titik untuk menyentuh permukaan air yang baru. Catat bacaan sebagai h_1 .
- Menghitung Debit Teoritis :

$$Q_{th} = \frac{2}{3} B \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

$$Q_{th} = 18/15 \tan(\theta/2) H^{5/2}$$

CARA UNTUK MENGIKUR DEBIT AKTUAL

- Biarkan air mengalir di atas pintu air.
- Kumpulkan air di tangki pengukur.
- Tutup saluran pembuangan sehingga air terkumpul di tangki pengukur.
- Catat waktu yang diperlukan untuk mengisi volume tertentu.
- Saat air naik di tangki pengukur, itu juga akan naik di tabung pengukur yang terhubung.
- Catat waktu t yang diperlukan agar ketinggian air naik dari suatu R1 ke R2.
- Debit aktual = Volume / waktu = $(R_2 - R_1) / t$



Foto Praktikum Pelimpah

PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN

Sudut pintu air, θ =

Lebar pintu air, B =

SI No	H_0	H_1	$= H_1 - H_0$	Debit Teoritis $Q_{dh} = \text{*****}$	R_1 (Liter)	R_2 (Liter)	Time t (Second)	Debit Aktual $Q_{act} = (R_2 - R_1) / t$	Debit Aktual $d = Q_{act} / Q_{th}$

OPEN CHANNEL

ALIRAN MELALUI AMBANG LEBAR

(BROAD CRESTER WEIR)

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Untuk menghitung debit saluran air dapat digunakan ambang lebar, sedangkan aplikasinya di lapangan ambang lebar banyak digunakan pada saluran irigasi yang fungsinya menentukan debit dari air yang mengalir pada saluran tersebut.

2. Maksud dan Tujuan

- Menghitung debit, kecepatan, koefisien debit, dan koefisien kecepatan.
- Menentukan jenis aliran dan perhitungan angka frroud

B. ALAT YANG DIGUNAKAN

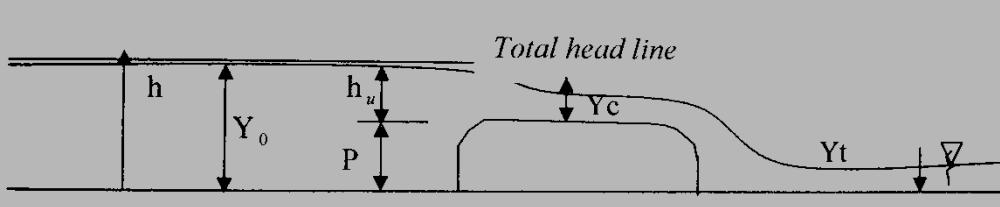
- Multi purpose teaching flume*
- Model ambanglebar/ broad crester weir

Model ini merupakan kantiruan ambanglebar di saluran irigasi. Model ini terbuat dari *glass reinforced plastic* yang berbentuk prisma segi empat dengan punggung dibuat streamline. Konstruksinya pada umumnya banyak digunakan di lapangan untuk mengukur debit di saluran terbuka, karena akan memberikan akurasi dan keandalan pengukuran, disamping juga kemudahan dalam pembuatan konstruksi dan perawatannya.

- Point gauge*
- Mistar/ pita ukur
- Ember plastic
- Stop wacth*
- Gelasukur

C. DASAR TEORI

Peluaran disebut ambanglebar apabila $B > 0.4 h_u$, dengan B adalah lebar peluaran, dan h_u adalah tinggi peluaran.



Gambar 3.1. Aliran di atas ambang lebar

Keterangan:

Q = debit aliran (m^3/dt)

H = tinggitekanan total huluambang = Yo + $\frac{v^2}{2.g}$

P = tinggiambang (m)

Yo = kedalamanhuluambang (m)

Yc = tinggi muka air di atashuluambang (m)

Yt = tinggimuka air setelah hulu ambang (m)

h_u = tinggimuka air di atashilirambang = $Y_o - P$ (m)

Ambanglebarmerupakan salah satukonstruksipengukur debit. Debit aliran yang terjadi pada ambanglebardihitungdenganmenggunakan formula sebagiberikut:

..... (2.1)

$$Q = Cd * b^* (h^{3/2})$$

Q = debit aliran (m^3/dt)

h = tinggi total huluambang (m)

Cd = koefisien debit

b = lebarambang (m)

debit aliran juga dapat dihitung dengan:

Keterangan:

O = debit aliran (m^3/dt)

h_u = tinggi muka air hulu ambang (m)

C_d = koefisien debit

Cv= koefisienkecepatan

b = lebarambang (m)

Dengan adanya ambang, akan terjadi efek pembendungan di sebelah hulu ambang. Efek ini dapat dilihat darinya iknya permukaan air bisa bandingkan dengan yang belum dipasang ambang. Dengan demikian, pada penerapan di lapangan harus diantisipasi kemungkinan banjir di

huluambang.

Secara teorinya kenaiknya permukaan air ini merupakan gejala alam daripada dimana untuk memperoleh aliran air yang stabil, maka air akan mengalir dengan kondisi aliran subkritik, karena aliran jenis ini tidak akan menimbulkan kerusakan (erosi) pada permukaan saluran.

Pada saat melewati ambang biasanya aliran akan berlaku sebagai aliran kritik, selanjutnya aliran akan mencari posisi stabil. Pada kondisi tertentu misalkan dengan adanya terjunan atau kemiringan saluran yang cukup besar, setelah melewati ambang aliran dapat pula berlaku sebagai aliran *super kritik*.

Pada penerapan di lapangan apabila kondisi super kritis ini terjadi maka akan sangat membahayakan, dimana dasar tebing saluran akan tergerus. Strategi penanganan tersebut diantaranya dengan membuat peredam energy aliran, misalnya dengan memasang lantai beton atau batu-batu cukup besar di hilir ambang.

Tingkat kekritisannya aliran tersebut dapat ditentukan dengan mencari bilangan Froud dengan persamaan:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

F = angka Froud (*froud number*)

D = kedalaman aliran (m)

Dimana jika:

$F < 1$ disebut aliran subkritik.

$F = 1$ disebut aliran kritik.

$F > 1$ disebut aliran super kritik.

D. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Pasangkanlah ambang lebar pada model saluran terbuka.
2. Alirkan air kedalam model saluran terbuka.
3. Ukurlah debit aliran sampai 3 kali untuk 1 bukaan.
4. Catat harga h, Yo, Yc, Q, Yt.
5. Amati aliran yang terjadi.
6. Gambar profil aliran yang terjadi.
7. Ulangi percobaan untuk debit yang lain.

8. Menghitungharga Cd & Cvberdasarkan formula (3.1) dan (3.2)
9. Membuatgrafik : Cd dan Q Cv dan Q
 v dan Q
10. Titik-titik pada grafiktersebutdihubungkandengan garis yang dibuatdarisuatupersamaanregresi.
11. Mencaribahasan darihasilgrafik, mengambilkesimpulanantarahubungan variable tersebut.
12. Menentukantingkatkekritisikanalirandenganmenghitungangkafrouduntuksetiappercobaan (sebelum, di atas&sesudahambang).

Persamaantambahan yang bisa dipakai:

Menghitungkecepatanaliran (v):

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dengan:

A= luastampangbasah (m^2)

Q = debit (m^3/dt)



Foto Praktikum Open Channel