

TUGAS AKHIR

**STUDI ALIRAN TENGGELAM
(PENELITIAN LABORATORIUM)**



Disusun oleh :

Nama : Duddy Syafaruddin

No. Mhs. : 97 511 002

NIRM. : 970051013114120002

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2002

TUGAS AKHIR

STUDI ALIRAN TENGGELAM (PENELITIAN LABORATORIUM)

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil**

Oleh :

Nama : Duddy Syafaruddin

No. Mhs. : 97 511 002

NIRM. : 970051013114120002

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2002

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**STUDI ALIRAN TENGGELAM
(PENELITIAN LABORATORIUM)**

Nama : Duddy Syafaruddin

No. Mhs. : 97 511 002

NIRM. : 970051013114120002

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. Lalu Makrup, MT

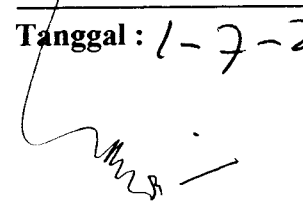
Dosen Pembimbing I

Ir. Harbi Hadi, MT

Dosen Pembimbing II



Tanggal : 1-7-2007



Tanggal : 26 06 '02

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan skripsi ini untuk

*Ayah dan Ibu tercinta,
Yang telah banyak berkorban dan berdoa
Untuk keberhasilanku*

*Adik-adikku tersayang, Ary, Tuti dan Fetti
Yang banyak memberikan dorongan
Untuk kesuksesanku*

*Saudara-saudaraku Andi, Fahmi dan Muchtar
Yang telah turut mewarnai hari-hariku*

*Adikku tersayang, Santi
Yang telah banyak membantu
Untuk keberhasilan dan kesuksesanku*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir baik penelitian maupun karya tulisnya, yang merupakan salah satu syarat dalam menempuh pendidikan sarjana strata satu (S1) pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penelitian dengan judul Studi Aliran Tenggelam dilakukan pada bulan April tahun 2002, bertempat di laboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mempraktekkan teori yang diperoleh di bangku kuliah, serta memperluas wawasan untuk bekal memasuki dunia kerja.

Mengingat singkatnya waktu pelaksanaan penelitian dan terbatasnya kemampuan, penulis menyadari bahwa hasil yang diperoleh jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi penyelesaian yang lebih baik.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Widodo, MSCE. Ph. D., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

2. Bapak Ir. H. Munadhir, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Lalu Makrup, MT., selaku Dosen Pembimbing I, atas arahan dan bimbingannya.
4. Bapak Ir. Harbi Hadi, MT., selaku Dosen Pembimbing II dan Kepala Operasional Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, atas kritik dan ketelitiannya dalam membimbing penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Ir. Sri Amini YA, MT., selaku Dosen Tamu selama seminar, sidang dan pendadaran, atas saran dan perhatian yang diberikan.
6. Bapak H. Darusdi, selaku staff Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, atas bantuan tenaga yang diberikan saat pelaksanaan penelitian.
7. Kedua orang tuaku : Bapak Abdul Kamar dan Ibu Karmila, atas doa restu dan dorongan moril dan materil yang telah diberikan.
8. Adikku Ary dan saudara-saudaraku (Andi, Fahmi dan Muchtar), yang selalu mendampingi dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Yang tersayang May-ku, untuk pengertian, perhatian dan dorongan yang telah diberikan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Teman-temanku yang begitu spesial, *we are team work*. Kalian (York, Joy, Yoe, Daeng & Andre), adalah sahabatku yang terbaik.

11. Teman-teman teknik sipil khususnya F'97 dan teman-teman di IPR-Komisariat Kota Batam.

12. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu, yang telah membantu hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga Allah melimpahkan balasan atas bantuan yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, Mei 2002

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
INTISARI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Batasan Penelitian	3
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Umum	4
2.2. Hasil Penelitian Adiantara (1993)	4
2.3. Persamaan Aliran dari Manual Bahan Pelatihan oleh Nizam (1996)	5
2.4. Hasil Kajian Koefisien Debit oleh Isbandi dan Heru (1997)	5
2.5. Hasil Penelitian Budi Irawan (2000)	6
2.6. Penelitian Oleh U.S. Bureau Of Reclamation	8
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1. Pendahuluan	13

3.2. Model Hidrolika	14
3.2.1. Model Fisik Dua Dimensi	15
3.2.2. Model Fisik Tiga Dimensi	15
3.3. Jenis Eksperimen	16
3.3.1. Eksperimen Pembuktian	16
3.3.2. Eksperimen Evaluasi	16
3.3.3. Eksperimen Hubungan Variabel	17
3.4. Klasifikasi Aliran	17
3.5. Persamaan Dasar Aliran	19
3.5.1. Persamaan Kontinuitas	20
3.5.2. Persamaan Energi	21
3.5.3. Persamaan Momentum	23
3.6. Bilangan Froude Kritik	24
3.7. Koefisien Debit	25
3.8. Rumus Peluapan Tak Sempurna Pada Bangunan Air di Saluran Terbuka	25
3.8.1. Ambang Tajam Segi Empat (“Rectangular Sharp Crested Weir”)	25
3.8.2. Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan (“round-nosed broad crested weir”)	28
3.8.3. Ambang Tajam Segi Tiga (“V-Notch”)	29
3.8.4. Bendung Mercu Bundar	32
BAB IV METODE PENELITIAN	34
4.1. Pendahuluan	34
4.2. Cara Kerja Alat	35
4.2.1. Saluran	35
4.2.2. Tangki Air	37
4.2.3. Pompa Air, Pengatur Debit dan “Stabilizer”	37
4.2.4. Plat Pembendungan	39

4.2.5.	Penggerak Plat Pembendungan	40
4.2.6.	Pengatur Kemiringan Dasar Saluran	40
4.3.	Perlengkapan Tambahan	42
4.3.1.	“Point Gauge Instrument”	42
4.3.2.	“Piezometer”	43
4.4.	Model Percobaan	44
4.4.1.	Model Ambang Tajam Segi Empat (“Rectangular Sharp Crested Weir”)	44
4.4.2.	Model Ambang Tajam Segi Tiga (“V-Notch”)	45
4.4.2.	Model Ambang Lebar Dengan Pangkal Dibulatkan (“Round-Nosed Broad Crested Weir”)	46
4.4.4.	Model Bendung Mercu Bundar	47
4.5.	Perletakan Model Pada Saluran	49
4.6.	Penggunaan Bahan Pencegah Rembesan Air	49
4.7.	Prosedur Penelitian dan Hasil Penelitian	49
4.7.1.	Prosedur Penelitian Ambang Tajam Segi Empat	49
4.7.2.	Prosedur Penelitian Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan	53
4.7.3.	Prosedur Penelitian Ambang Tajam Segi Tiga (“V-Notch”)	57
4.7.4.	Prosedur Penelitian Bendung Mercu Bundar	61
BAB V	PEMBAHASAN PENELITIAN	66
5.1.	Umum	66
5.2.	Pembahasan Penelitian Ambang Tajam Segi Empat	66
5.3.	Pembahasan Penelitian Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan	69
5.4.	Pembahasan Penelitian Ambang Tajam Segi Tiga (“V-Notch”)	72
5.5.	Pembahasan Penelitian Bendung Mercu Bundar	75

5.6. Kondisi “Tilting Flume”	79
5.6.1. Pompa	79
5.6.2. Saluran “Tilting Flume”	80
5.6.3. Sistem “Outlet”	81
5.2.4. Tangki Penampungan	83
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	85
6.1. Kesimpulan	85
6.2. Saran	86
PENUTUP	88
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan tinggi tekan dengan debit untuk bentuk-bentuk pelimpah standar WES	9
Gambar 2.2. Pengurangan koefisien debit untuk pelimpah tenggelam. (<i>U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station</i>)	10
Gambar 2.3. Tekanan tipikal (typical pressure) dengan garis terputus-putus dan Penampang permukaan (garis penuh) untuk aliran melalui pelimpah tenggelam. (<i>Dipilih dari data U.S.B.R.</i>). (a) Aliran super kritis; (b) aliran dengan loncatan hidrolis; (c) aliran dengan loncatan tenggelam; (d) aliran masuk yang terbenam seluruhnya	11
Gambar 3.1. Klasifikasi aliran	19
Gambar 3.2. Kontinuitas aliran dalam suatu pias	20
Gambar 3.3. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu pias	22
Gambar 3.4. Pipa aliran	23
Gambar 3.5. Aliran tenggelam pada ambang tajam	26
Gambar 3.6. Aliran tenggelam pada ambang lebar	29
Gambar 3.7. Aliran tenggelam pada ambang V-Notch	31
Gambar 3.8. Aliran tenggelam pada mercu bundar	32
Gambar 4.1. "Tilting flume"	36
Gambar 4.2. Rel "point gauge"	36
Gambar 4.3. Tangki penampungan	37
Gambar 4.4. Pompa dan pendukung lainnya	38
Gambar 4.5. Plat pembendungan	39
Gambar 4.6. Penggerak plat	40
Gambar 4.7. Pengatur kemiringan dasar saluran	41
Gambar 4.8. "Point gauge"	42

Gambar 4.9. “Piezometer” terpasang	43
Gambar 4.10. Model ambang tajam segi empat	45
Gambar 4.11. Model ambang tajam segi tiga	46
Gambar 4.12. Model ambang lebar dengan pangkal dibulatkan	47
Gambar 4.13. Model bendung mercu bundar	48
Gambar 4.14. Aliran tenggelam pada ambang tajam segi empat	51
Gambar 4.15. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit untuk aliran tenggelam pada ambang tajam	53
Gambar 4.16. Aliran tenggelam pada ambang lebar	55
Gambar 4.17. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit untuk aliran tenggelam pada ambang lebar	57
Gambar 4.18. Aliran tenggelam pada ambang V-Notch	59
Gambar 4.19. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit untuk aliran tenggelam pada ambang V-Notch	61
Gambar 4.20. Aliran tenggelam pada mercu bundar	63
Gambar 4.21. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit untuk aliran tenggelam pada mercu bundar	65
Gambar 5.1. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada ambang tajam	67
Gambar 5.2. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas) pada ambang tajam	68
Gambar 5.3. Aliran tenggelam pada Ambang Tajam Segi Empat	69
Gambar 5.4. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada ambang lebar	70
Gambar 5.5. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas) pada ambang lebar	71
Gambar 5.6. Aliran tenggelam pada Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan	72

Gambar 5.7. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada ambang V-Notch	73
Gambar 5.8. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas) pada ambang V-Notch	74
Gambar 5.9. Aliran tenggelam pada Ambang Tajam Segi Tiga	75
Gambar 5.10. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada Mercu Bundar	76
Gambar 5.11. Aliran tenggelam pada Mercu Bundar	77
Gambar 5.12. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada keempat Model yang diujikan	78
Gambar 5.13. Bagian pembuangan (outlet) “tilting flume” dengan plat pembendungan dan bak penampungan	82
Gambar 5.14. Jarak jatuh limpasan air menuju pompa ..	83

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Bagian-bagian utama “tilting flume”	41
Tabel 4.2. Perlengkapan tambahan “tilting flume”	44
Tabel 4.3. Model bangunan air	48
Tabel 4.4. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang tajam segi empat	52
Tabel 4.5. Olah data ambang tajam segi empat	52
Tabel 4.6. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang lebar	56
Tabel 4.7. Olah data ambang lebar	56
Tabel 4.8. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang V-Notch	60
Tabel 4.9. Olah data ambang V-Notch	60
Tabel 4.10. Pengukuran aliran tenggelam pada bendung mercu bundar	64
Tabel 4.11. Olah data bendung mercu bundar	64
Tabel 5.1. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)	67
Tabel 5.2. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)	68
Tabel 5.3. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)	70
Tabel 5.4. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)	71
Tabel 5.5. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)	73
Tabel 5.6. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)	74
Tabel 5.7. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)	76
Tabel 5.8. Hubungan Cd dan Q	77

DAFTAR NOTASI

Q	= Debit (m^3/dt)
A	= Luas tampang (m^2)
v	= Kecepatan aliran (m/dt)
g	= Percepatan gravitasi (m/dt^2)
ρ	= massa jenis (kg/m^3)
γ	= Berat jenis (T/m^3)
E	= Energi spesifik (m)
B	= Lebar saluran (m)
h	= Kedalaman aliran (m)
hc	= Kedalaman kritik aliran (m)
Ec	= Energi kritik (m)
Fr	= Angka Froude (tanpa satuan)
Cd	= Koefisien debit (tanpa satuan)
h_f	= Tinggi kehilangan tenaga (m)
Re	= Angka Reynolds (tanpa satuan)
ν (nu)	= Kekentalan kinematik (m^2/dt)
w/dc	= Tinggi ambang (m)
L	= Panjang ambang (m)
V	= Volume tampungan (m^3)
T	= Waktu tampungan (dt)
θ	= Sudut bukaan V-Notch ($^\circ$)

INTISARI

Koefisien debit (C_d) merupakan angka tak berdimensi sebagai koreksi dari hasil formulasi matematika debit aliran yang mengalir pada bangunan air terhadap hasil pengukuran debit aliran.

Penelitian dengan judul “Studi Aliran Tenggelam “ merupakan penelitian evaluasi, bertujuan untuk mengkaji koefisien debit pada alat ukur debit yang melalui model bangunan air pada aliran tenggelam.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penelitian tersebut digunakan empat model bangunan air, yaitu ambang tajam segi empat, ambang lebar dengan pangkal dibulatkan, ambang tajam segitiga dan bendung mercu bundar.

Pada ambang tajam segi empat menunjukkan bahwa nilai koefisien debit untuk aliran tenggelam berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.

Pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan menunjukkan bahwa nilai koefisien debit untuk aliran tenggelam berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.

Pada ambang V-Notch menunjukkan bahwa nilai koefisien debit untuk aliran tenggelam berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.

Pada bendung mercu bundar menunjukkan bahwa nilai koefisien debit pada mercu bundar untuk aliran tenggelam berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menganalisis aliran pada saluran terbuka, terutama untuk aliran melewati puncak pelimpah (“crest of spillway”) dari satu struktur bangunan air maka akan dijumpai satu fenomena khusus aliran yang sulit dijabarkan secara matematik. Oleh karena itu untuk kepentingan praktis maka fenomena aliran semacam ini, permasalahannya harus diselesaikan secara eksperimental. Contoh dari struktur bangunan air yang berkaitan dengan hal ini adalah bendung pelimpah atau alat ukur debit yang dibangun pada saluran terbuka.

Pelimpah dan bendung disebut tenggelam (“submerged”) bila air hilir (“tail water”) lebih tinggi dari mercu (“crest”). Pelimpah tenggelam biasa disebut juga peluapan tak sempurna. Karena aliran tenggelam biasanya tidak stabil, menimbulkan gangguan di permukaan yang cukup besar langsung di bagian hilir, pelimpah dan bendung semacam ini tidak memenuhi syarat dalam pengukuran aliran secara seksama. Namun penelitian bendung mercu yang tenggelam ini tetap perlu, karena akan menambah informasi yang diperlukan dalam perencanaan pelimpah rendah yang kadang-kadang akan mengalami keterbenaman.

Laboratorium Hidrolika merupakan salah satu laboratorium yang ada di lingkungan Universitas Islam Indonesia. Laboratorium ini dikelola oleh Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Fasilitas yang tersedia pada laboratorium ini salah satunya adalah saluran multi guna (“glass sided tilting flume”).

Peralatan ini memiliki beberapa kemudahan dan kegunaan pelaksanaan penelitian hidrolika, khususnya hidrolika pada saluran terbuka. Kemudahan dari alat ini antara lain :

- a. Air dapat dialirkan secara terus menerus dengan debit yang dapat diatur.
- b. Kemiringan saluran juga dapat diatur sesuai kebutuhan dan saluran yang tembus pandang sehingga aliran pada saluran mudah untuk diamati.

Peralatan ini dilengkapi dengan beberapa model bangunan air. Fasilitas “tilting flume” yang dimiliki oleh UII telah beberapa kali dipakai untuk pelaksanaan praktikum dan penelitian Tugas Akhir bagi mahasiswa sejak tahun 1997 hingga sekarang.

Hal yang menarik adalah studi tentang aliran tenggelam pada “tilting flume” belum pernah diteliti oleh mahasiswa yang melakukan penelitian di Laboratorium Hidrolika. Kebanyakan penelitian lebih difokuskan pada kinerja “tilting flume” dan pengkajian koefisien debit pada alat ukur debit (aliran bebas) di “tilting flume”. Oleh karena itu penulis ingin mengetahui tentang koefisien debit pada alat ukur debit yang melalui model bangunan air pada aliran tenggelam.

1.2 Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Percobaan model bangunan air dilangsungkan hanya pada kedudukan dasar saluran mendatar (kemiringan dasar saluran 0°) dan aliran permanen. Penelitian ini bersifat evaluatif atau bersifat penjajakan dan model-model bangunan air yang akan diujikan meliputi ambang tajam segi empat (“rectangular sharp crested weir”), ambang lebar dengan pangkal dibulatkan (“round-nosed broad crested weir”), ambang tajam segitiga (“v-notch”) dan bendung mercu bundar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji koefisien debit pada alat ukur debit yang melalui model bangunan air pada aliran tenggelam.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pembanding bagi penelitian-penelitian yang mengkaji koefisien debit pada alat ukur debit yang melalui model bangunan air pada Laboratorium Hidrolika FTSP-UII, sehingga dapat diupayakan penyempurnaan dan perlengkapan alat untuk mendukung akurasi pengukuran serta memperluas objek penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pada bagian ini akan dipaparkan beberapa penelitian yang berhubungan dengan pengkajian koefisien debit pada alat ukur debit yang melalui model bangunan air.

2.2 Hasil Penelitian Adiantara (1993)

Hasil-hasil yang diperoleh Adiantara serta pelaksanaan penelitiannya mengenai model dan saluran “tilting flume” air adalah seperti berikut ini:

1. Model Ambang Tajam Segi Empat (aliran bebas) dan Model Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan (aliran bebas)

Koefisien debit cenderung mengecil seiring meningginya muka air hulu yang berlaku untuk nilai-nilai awal tinggi muka air hulu. Selanjutnya nilai koefisien debit cenderung tetap.

2. Model Pintu Sorong (aliran bebas)

Pada keadaan tinggi muka air hulu tetap, nilai koefisien debit akan berkurang dengan semakin membesarnya bukaan pintu. Dalam keadaan debit tetap, koefisien debit akan cenderung mengecil seiring meningginya bukaan pintu dan berlaku untuk nilai-nilai awal perbandingan tinggi bukaan pintu dengan tinggi muka air

hulu. Selanjutnya nilai koefisien debit cenderung tetap.

3. Model V-Notch (aliran bebas)

Koefisien debit cenderung mengecil seiring meningginya muka air hulu.

2.3 Persamaan Aliran dari Manual Bahan Pelatihan oleh Nizam (1996)

Di dalam bahan pelatihan Praktikum Mekanika Fluida dan Hidrolika yang dibuat oleh Nizam sebagai pedoman dalam menggunakan saluran tilting flume buatan PAU-UGM, diberikan persamaan-persamaan yang lazim dipakai dalam pengukuran debit.

Persamaan tersebut adalah $Q = Cd \cdot \frac{2}{3} b \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$ untuk Ambang Tajam Segi Empat, $Q = 1,705 Cd \cdot b \cdot H^{3/2}$ untuk Ambang Lebar, $Q = Cd \cdot b \cdot Yg \cdot \sqrt{2gY_o}$ untuk Pintu Sorong dan $Q = Cd \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \theta/2 H^{3/2}$ untuk Ambang Tajam Segi Tiga.

Dimana : Q = debit aliran

Cd = koefisien debit

B = lebar ambang

g = percepatan gravitasi

Yg = tinggi bukaan pintu

Y_o = kedalaman air di hulu ambang

H = tinggi tenaga total di

θ = sudut bukaan V-Notch

hulu ambang

2.4 Hasil Kajian Koefisien Debit oleh Isbandi dan Heru (1997)

Fasilitas tilting flume Laboratorium Hidrolika FTSP UII telah digunakan oleh Isbandi dan Heru di dalam penelitiannya mengenai kajian koefisien debit pada alat ukur debit. Pada penelitian mereka tersebut diperoleh hasil koefisien debit untuk model :

1. Ambang Tajam Segi Empat

$$\text{Koefisien debit pengukuran diperoleh dengan rumus } Cd = \frac{V}{2,953 B T (h_1)^{1,5}}$$

2. Ambang Lebar

$$\text{Koefisien debit pengukuran diperoleh dengan rumus } Cd = \frac{V}{1,705 B \cdot T (H)^{1,5}}$$

3. Pintu Sorong

$$\text{Koefisien debit pengukuran diperoleh dengan rumus } Cd = \frac{V}{hg.b.T \sqrt{2gh}}$$

4. Ambang Tajam Segi Tiga

$$\text{Koefisien debit pengukuran diperoleh dengan rumus } Cd = \frac{V}{3,54 T h^{5/2}}$$

Dimana : Cd = koefisien debit

V = volume tampungan

B = lebar ambang

T = waktu tampungan

g = percepatan gravitasi

hg = tinggi bukaan pintu

H = tinggi tenaga total di
hulu ambang

h = tinggi permukaan air di
hulu ambang

2.5 Hasil Penelitian Budi Irawan (2000)

Hasil-hasil yang diperoleh Budi Irawan serta pelaksanaan penelitiannya mengenai perbandingan kinerja alat (saluran *tilting flume* dan model bangunan air) terhadap penelitian yang dilakukan Sabka Adiantara (1993) adalah seperti berikut ini :

1. Model Ambang Tajam Segi Empat (aliran bebas)

- Dengan memplotkan data hubungan $h^{3/2}$ dan Q pada grafik diperoleh persamaan aliran $Q = 0,686 \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} h_1^{3/2}$.
- Dengan memplotkan Q dan h pada grafik dalam bentuk $Q = kh^n$ diperoleh persamaan aliran $Q = 0,1483 h_1^{1,3367}$

2. Model Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan

- Dengan memplotkan data hubungan $h^{3/2}$ dan Q pada grafik (cara ini diterapkan pada aliran modular tetapi tidak bisa diterapkan pada aliran tenggelam karena tidak mempunyai rumus pengaliran menurut dasar teori), diperoleh persamaan aliran $Q = 0,888 \cdot B \sqrt{g(\frac{2}{3}H)}^{1,5}$.
- Dengan memplotkan Q dan h pada grafik dalam bentuk $Q = kh^n$ diperoleh persamaan aliran $Q = 0,1157 H_1^{1,6002}$

3. Model Ambang Tajam Segi Tiga (aliran bebas)

Pada percobaan ini diperoleh kondisi aliran sub kritis yang disebabkan oleh debit aliran kecil untuk menjaga agar aliran hulu tidak melampaui segitiga ambang.

- Dengan memplotkan data hubungan $h^{5/2}$ dan Q pada grafik diperoleh persamaan aliran $Q = 1,3645 \cdot \frac{8}{15} \tan \theta/2 \sqrt{2g} h^{3/2}$.
- Dengan memplotkan Q dan h pada grafik dalam bentuk $Q = kh^n$ diperoleh persamaan aliran $Q = 0,025 h_1^{2,2958}$

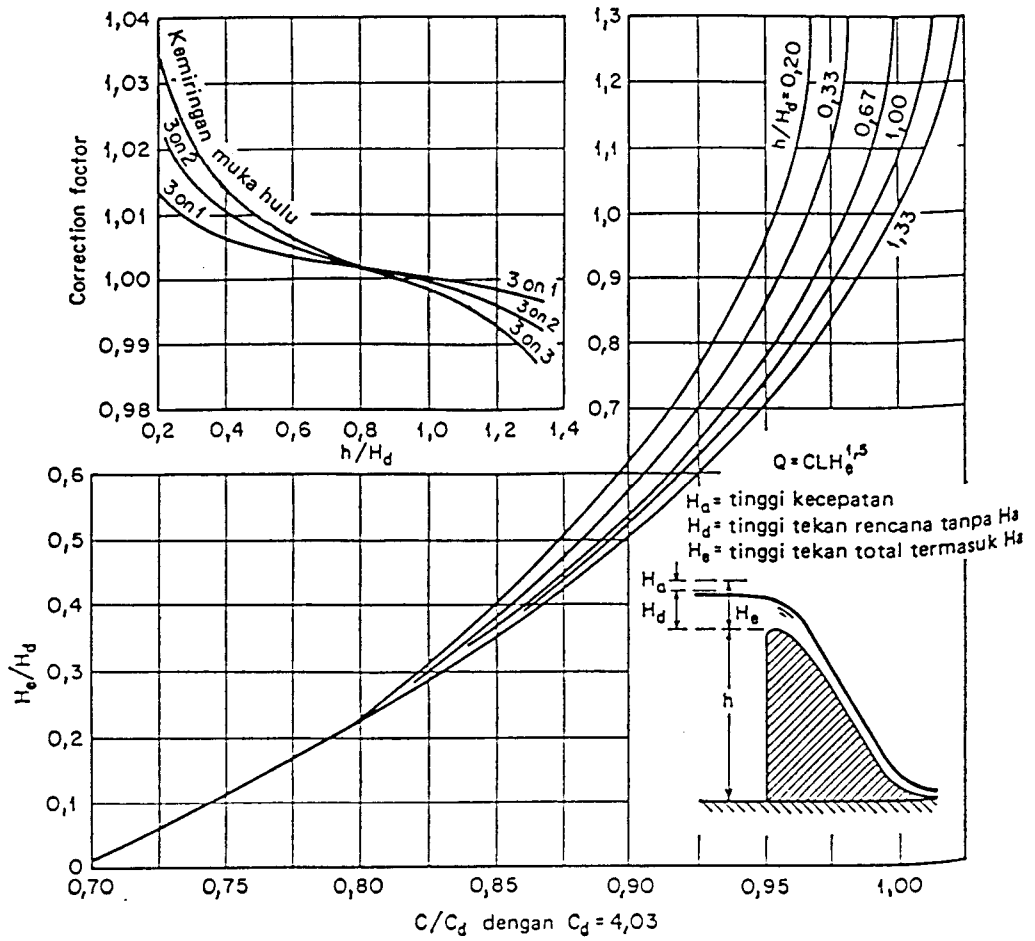
4. Model Pintu Sorong (aliran bebas)

Bilangan-bilangan Froude aliran di hulu ambang mempunyai angka dibawah satu antara 0,0822 sampai 0,4250 sedangkan untuk aliran hilir ambang di atas satu antara 2,0526 sampai 6,1154. Kesaksamaan pengukuran aliran di bawah Pintu Sorong pada fasilitas Laboratorium Hidrolika FTSP-UII terhadap acuan standar mendekati sama dengan fasilitas yang dipakai oleh Adiantara.

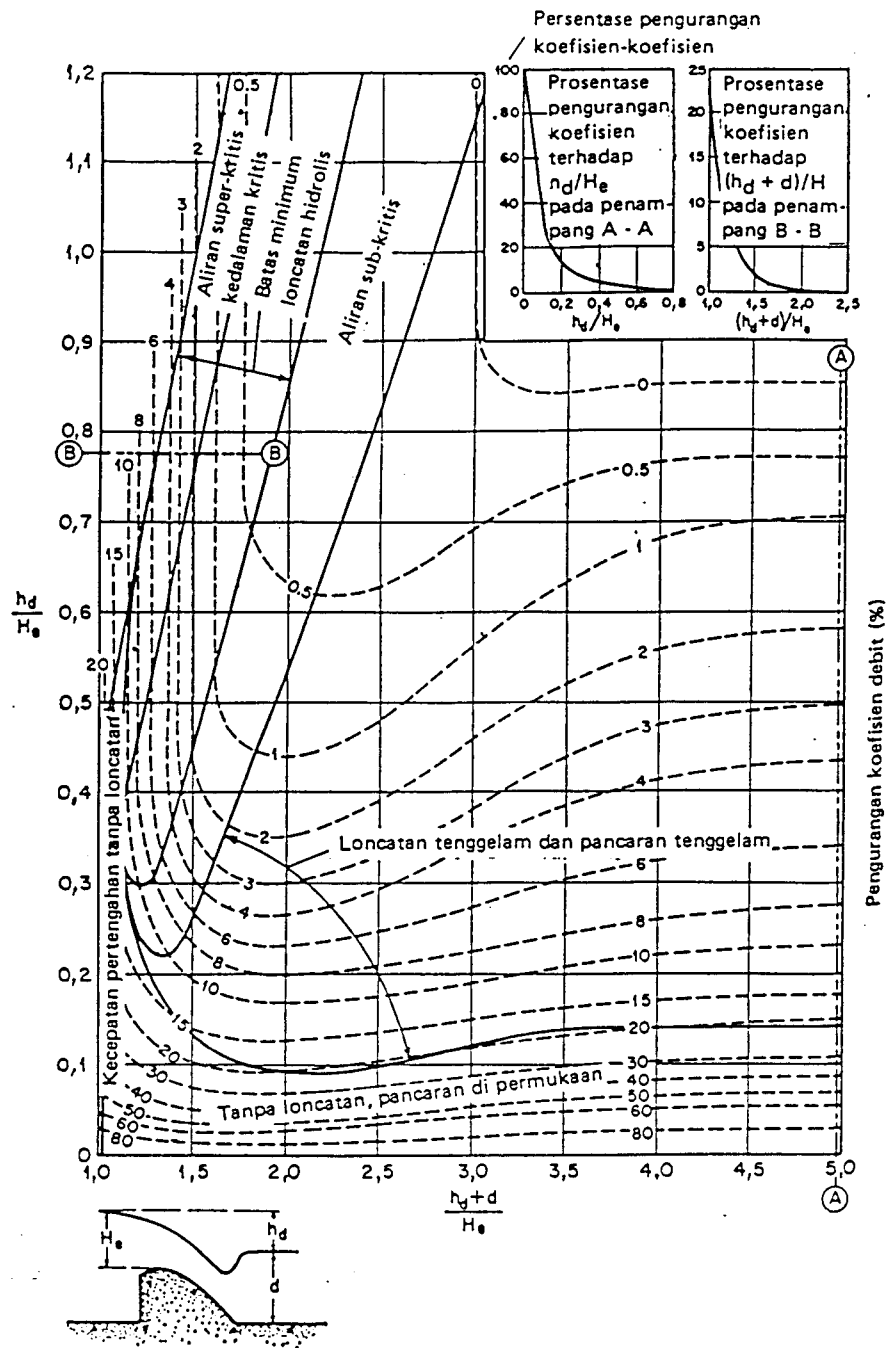
2.6 Penelitian oleh U. S. Bureau of Reclamation (USBR)

Penelitian secara besar-besaran terhadap bendung mercu bundar telah dilakukan oleh U.S. Bureau of Reclamation pada tahun 1948.. Dalam penelitian ini, aliran dibagi menjadi 4 jenis menurut keadaan aliran lazimnya pada lantai hilir (1) aliran super kritis, (2) aliran sub kritis dengan loncatan hidrolis, (3) aliran loncatan tenggelam dengan pancaran terbenam dan (4) aliran masuk yang sepenuhnya tenggelam.

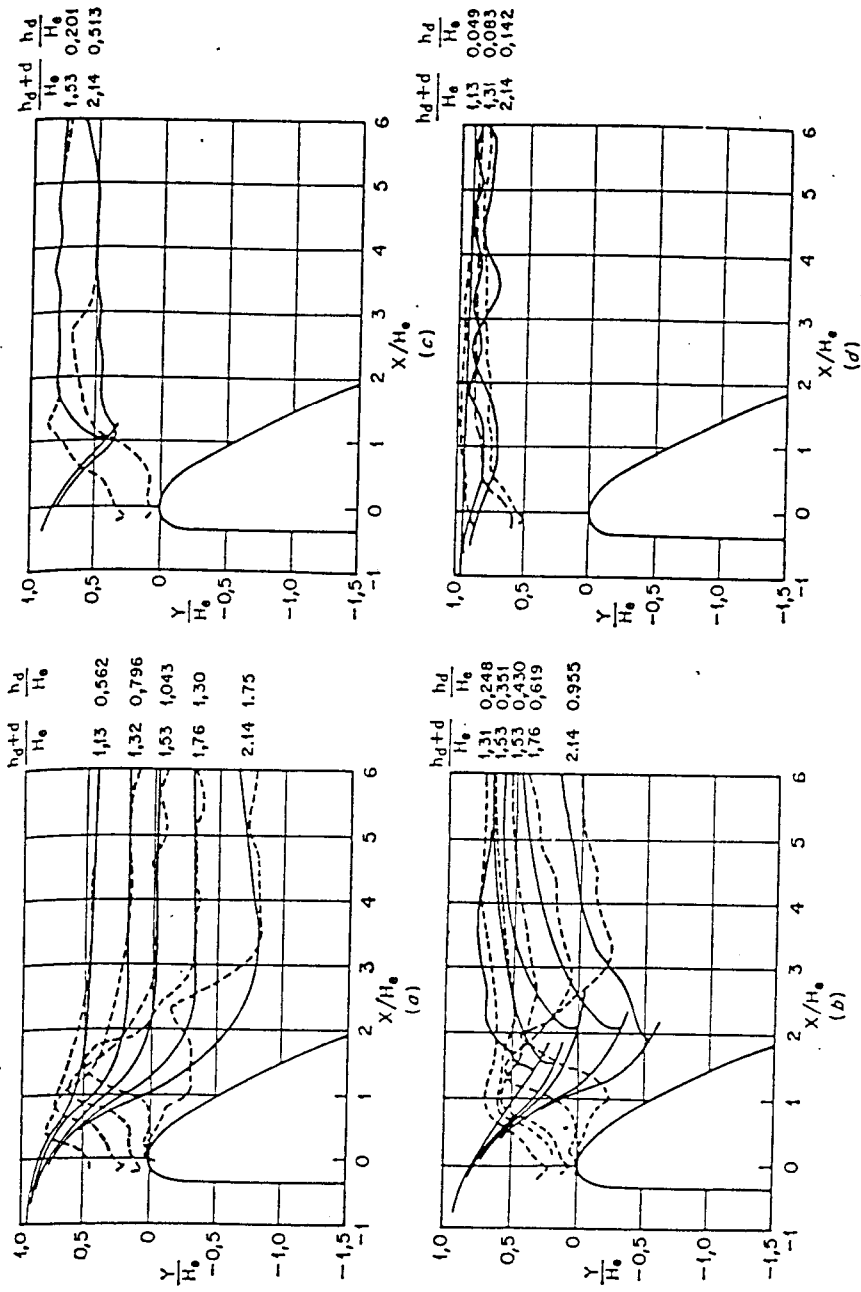
Keterbenaman pelimpah atau bendung akan memperkecil koefisien debit dari aliran yang tidak terbenam. Hasil-hasil percobaan U. S. B. R. terhadap pengurangan ini, yang dinyatakan dalam persentase koefisien debit untuk aliran tidak terbenam (Gambar 2.1) telah dibuat dalam suatu grafik untuk keempat jenis aliran tersebut di atas. Grafik ini dalam bentuk sedikit berbeda (Gambar 2.2) selanjutnya diperiksa terhadap data lainnya oleh U. S. Army Engineers Waterways Experiment Station. Diketahui bahwa grafik ini juga dapat dipakai untuk menentukan koefisien pelimpah WES dalam keadaan tenggelam.



Gambar 2.1. Hubungan tinggi tekan dengan debit untuk bentuk-bentuk pelimpah standar WES



Gambar 2.2. Pengurangan koefisien debit untuk pelimpah tenggelam.
 (U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station)



Gambar 2.3. Tekanan tipikal (typical pressure) dengan garis terputus-putus dan penampang permukaan (garis penuh) untuk aliran melalui pelimpah tenggelam. (*Dipilih dari data U.S.B.R. .*) (a) Aliran super kritis; (b) aliran dengan loncatan hidrolis; (c) aliran dengan loncatan tenggelam; (d) aliran masuk yang terbenam seluruhnya

Grafik pada Gambar 2.2, h_d menyatakan beda tinggi muka air hulu ke muka air hilir, H_e tinggi tekanan total di atas mercu dan d tinggi air hilir. Pola umum lengkung ini memperlihatkan bahwa bila perbandingan $(h_d + d) / H_e$ kecil, aliran termasuk dalam jenis 1 atau super kritis, dan pengurangan koefisien terutama terpengaruh oleh perbandingan ini dan praktis tidak tergantung pada h_d / H_e . Penampang melintang BB di ujung kanan atas dari grafik menunjukkan perubahan $(h_d + d) / H_e$ pada $h_d / H_e = 0,78$. Sebaliknya untuk nilai $(h_d + d) / H_e$ yang lebih tinggi, pengurangan koefisien ini terutama terpengaruh oleh perbandingan h_d / H_e . Pada keadaan ini, untuk nilai h_d / H_e yang lebih kecil dari 0,10 aliran termasuk dalam jenis 4, Pancaran air terjadi di permukaan tanpa loncatan air. Untuk nilai-nilai h_d / H_e yang lebih besar dari 0,10 aliran termasuk dalam jenis 3 atau disertai dengan loncatan tenggelam dengan pancaran terbenam. Penampang melintang AA menunjukkan perubahan h_d / H_e pada $(h_d + d) / H_e$ yang mendekati 5,0. Aliran sub kritis, atau aliran jenis 2 terjadi dalam daerah yang ditunjukkan dalam grafik. Daerah lainnya untuk kondisi aliran peralihan juga diperlihatkan dalam gambar tersebut.

Tekanan tipikal dan penampang permukaan untuk aliran pelimpah terbenam diperlihatkan untuk nilai-nilai $(h_d + d) / H_e$ dan h_d / H_e yang berbeda-beda untuk keempat jenis aliran (2.3). Nilai-nilai ini dipilih dari data U.S.B.R. , yang berguna untuk menentukan stabilitas pelimpah.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Aliran air di dalam saluran terbuka mempunyai sifat khusus, bila dibandingkan dengan aliran air di dalam pipa, yaitu antara lain :

- a. Aliran air pada saluran terbuka memiliki permukaan bebas (“free surface”).
- b. Tekanan air pada permukaan bebas, sama dengan tekanan atmosfer.
- c. Terjadinya saling tergantung antara jari-jari tampang basah, kekentalan zat cair, kemiringan dasar saluran, kekasaran dasar, dan bervariasinya geometrik saluran.

Penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka lebih sulit bila dibandingkan dengan aliran dalam pipa, karena terjadinya saling tergantung pada sifat kekentalan zat cair, gravitasi, dan kondisi hidrolis saluran.

Pada hidrolis saluran terbuka, banyak fenomena aliran yang tidak bisa dianalisis secara tepat dengan formulasi matematika. Sedangkan perhitungan formulasi matematika dalam pendekatannya melakukan pengabaian-pengabaian terhadap sifat dasar zat cair dan alirannya seperti :

- a. Sifat kekentalan zat cair diabaikan.

- b. Gaya sentripetal akibat aliran yang melengkung diabaikan, dan
- c. Kerapatan zat cair selalu tetap sehingga perubahannya diabaikan.

Oleh karena itu terjadi kesenjangan antara hidrolika teoritis dengan hidrolika empiris. Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, perlu diupayakan angka koreksi terhadap perhitungan teoritis, yang diperoleh melalui pengujian-pengujian terhadap beberapa model hidrolik.

3.2 Model Hidrolika

Pengetahuan hidrolika merupakan dasar yang harus dikuasai untuk menyelesaikan masalah aliran. Pada umumnya para teknisi menyelesaikan permasalahan aliran dengan menggunakan pendekatan model hidrolika, antara lain model matematika (“mathematic model”), model fisik (“hydraulic model”) dan model campuran (“hybrid model”).

Model matematika adalah simulasi fisik melalui persamaan matematika yang sudah diketahui dan diselesaikan dengan pendekatan numerik.

Karena kompleksnya permasalahan yang dibahas pada aliran, maka sering studi model matematika tidak bisa menjawab secara tuntas permasalahan aliran, sehingga diperlukan model fisik untuk melengkapi penyelesaian masalah aliran, agar lebih sesuai dengan kondisi aslinya.

Peran model hidrolik dalam mendukung kegiatan perencanaan pekerjaan bangunan air adalah :

- a. Untuk meramalkan kemungkinan yang akan terjadi setelah bangunan dibuat.

- b. Untuk memperoleh tingkat keyakinan yang tinggi atas keberhasilan suatu perencanaan bangunan.
- c. Untuk meramalkan pengaruh bangunan terhadap struktur bangunannya sendiri serta lingkungan.

3.2.1 Model Fisik Dua Dimensi

Model fisik dua dimensi diperlukan untuk mengamati fenomena aliran dua dimensi yang terjadi di sekitar model. Aliran dua dimensi memiliki gradien dua arah yaitu sumbu x dan sumbu y.

Kecepatan aliran bervariasi ke arah sumbu y, sedangkan tekanan bervariasi ke arah sumbu x. Model dua dimensi umumnya dipakai untuk menyelidiki bentuk mercu bendung yang ekonomis, mengukur koefisien debit dan pengupayaan peredaman energi aliran (“stilling basin”).

3.2.2 Model Fisik Tiga Dimensi

Model fisik tiga dimensi adalah model yang diperlukan untuk mengamati fenomena aliran tiga dimensi yang terjadi disekitar model tersebut. Aliran tiga dimensi adalah aliran yang memiliki gradien tiga arah dalam sistem koordinat kartesius.

Jadi parameter aliran bervariasi terhadap sumbu x, y, z. Model tiga dimensi umumnya diperlukan untuk menyelidiki perilaku bangunan utama irigasi, seperti perbaikan bentuk dan konfigurasi dinding sayap.

3.3 Jenis Eksperimen

Secara umum, eksperimen hidrolika dapat dikelompokkan kedalam tiga kategori (*Nizam dan Djoko Legono, Hidrolika Eksperimen, PAU Teknik 1988*)

1. Eksperimen pembuktian.
2. Eksperimen evaluasi.
3. Eksperimen variabel.

3.3.1 Eksperimen Pembuktian

Eksperimen pembuktian bertujuan memperkuat formulasi yang dihasilkan dari tinjauan analisis matematika.

3.3.2 Eksperimen Evaluasi

Eksperimen evaluasi bertujuan mengevaluasi koefisien dengan melengkapi persamaan teoritis yang disebabkan oleh pengabaian-pengabaian sifat dasar zat cair dan aliran.

Dengan melakukan pengukuran di laboratorium Hidrolika, maka semua faktor pengabaian tersebut akan menjadi suatu koefisien sehingga diperoleh :

$$\text{Harga sesungguhnya} = \text{Koefisien} \times \text{Formula teoritis}$$

Hubungan antara variabel yang diteliti akan mudah di mengerti bila disajikan dalam bentuk grafik. Hasil pengamatan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan tidak boleh dihilangkan dari grafik yang akan disajikan. Bila hasilnya cenderung untuk membentuk garis bisa dilakukan dengan metode kwadrat kecil ("least square

method”), yang merupakan hubungan antara satu “independent variable” dengan satu “dependent variable”. Bila diperoleh kecenderungan hasil lengkung, persamaan garis bisa dianalisis dengan merubah grafik eksponensial menjadi grafik logaritmik.

3.3.3 Eksperimen Hubungan Variabel

Eksperimen hubungan variabel bertujuan mencari hubungan variabel yang diperkirakan akan berpengaruh terhadap suatu fenomena aliran hidraulik yang belum bisa diselesaikan secara analitis. Hubungan variabel hanya bisa diketahui melalui eksperimen.

Prosedur eksperimen ini, nantinya dapat digunakan sebagai analisis dimensi dalam hidrolika untuk :

- a. Pengecekan kebenaran persamaan.
- b. Penentuan dimensi koefisien empiris.
- c. Pengelompokkan variabel dalam penelitian untuk membantu sistematika penelitian.

3.4 Klasifikasi Aliran

Dalam mengklasifikasi sifat aliran pada saluran terbuka, dengan menggunakan beberapa parameter yang berdasarkan pada perubahan kedalaman aliran dengan mempertimbangkan fungsi waktu dan ruang.

Berdasarkan fungsi waktu, aliran dapat diklasifikasikan sebagai :

- a. Aliran permanen (“steady flow”), adalah suatu pengaliran pada suatu titik dalam

penampang, besar debit, kecepatan, dan tekanan tidak berubah dengan waktu.

($dQ / dt = 0$, $dv / dt = 0$, $dp / dt = 0$), dan

b. Aliran tidak permanen (“unsteady flow”), adalah suatu pengaliran pada suatu titik dalam penampang, besar debit, kecepatan, dan tekanan berubah dengan waktu.

($dQ / dt \neq 0$, $dv / dt \neq 0$, $dp / dt \neq 0$). Misalnya aliran pada gelombang banjir.

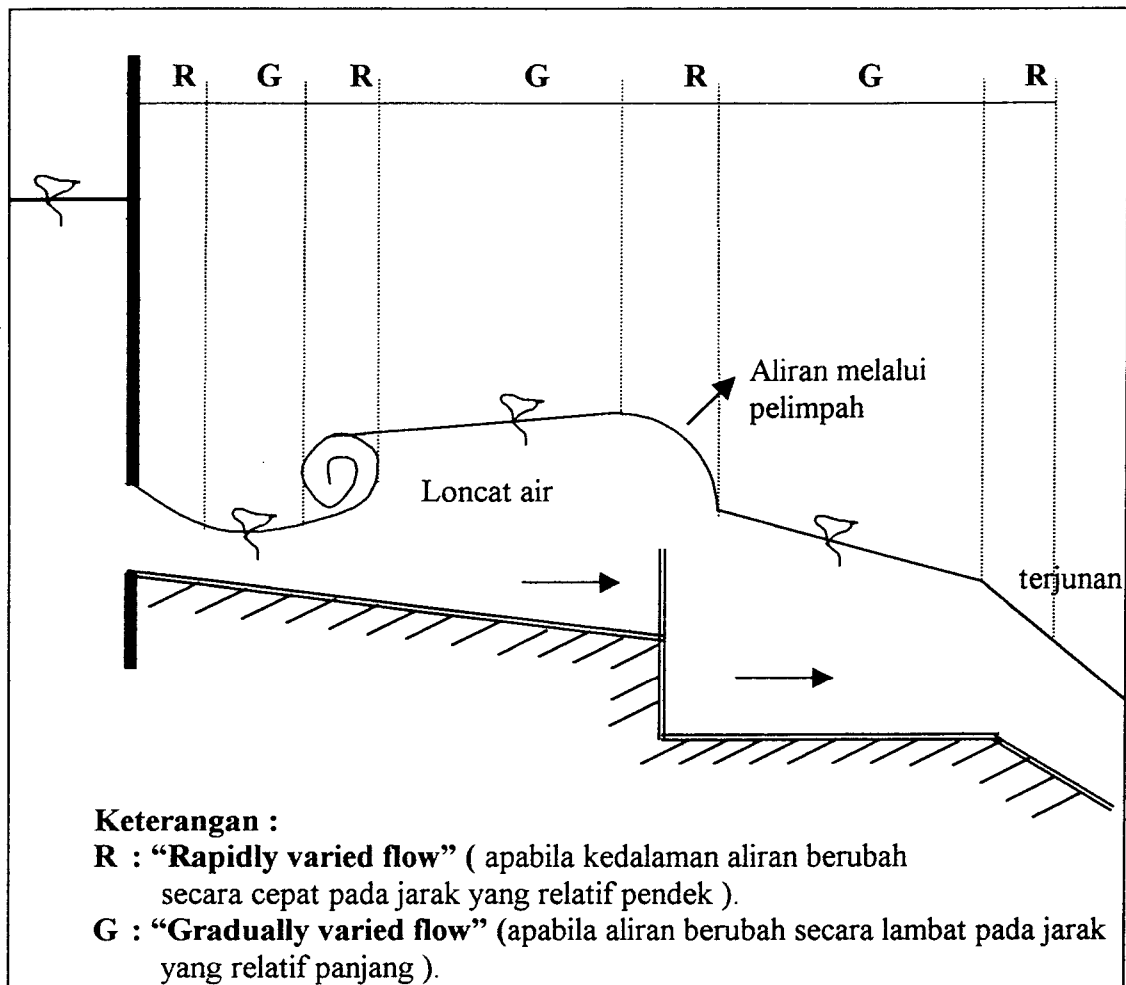
Berdasarkan fungsi ruang, aliran dapat dibedakan sebagai :

a. Aliran seragam (“uniform flow”) apabila kedalaman aliran pada setiap tampang saluran adalah sama, dan

b. Aliran tidak seragam (“varied flow / ununiform flow”) apabila kedalaman aliran berubah sepanjang saluran. Aliran ini dapat berupa :

- “gradually varied flow” apabila aliran berubah secara lambat pada jarak yang relatif panjang.
- “rapidly varied flow” apabila kedalaman aliran berubah secara cepat pada jarak yang relatif pendek.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar (3.1) yang menerangkan klasifikasi aliran.



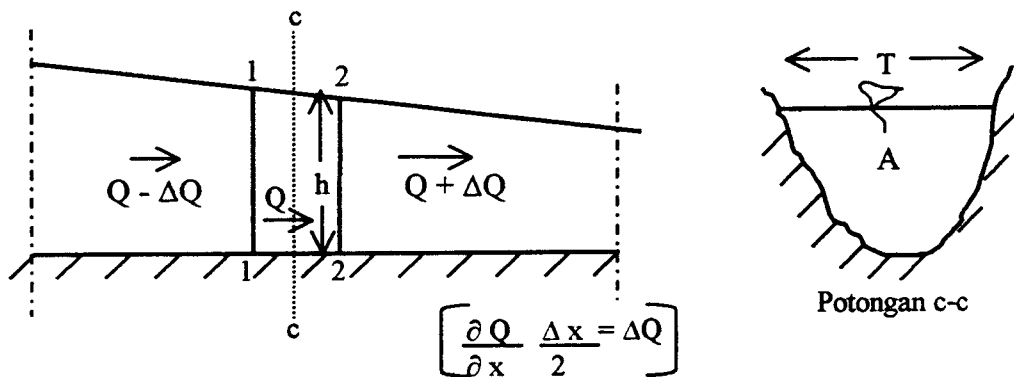
Gambar 3.1. Klasifikasi aliran

3.5 Persamaan Dasar Aliran

Ada tiga persamaan dasar aliran yang harus dipatuhi dalam menyelesaikan permasalahan hidrolika, khususnya hidrolika saluran terbuka yaitu :

1. Hukum Persamaan Kontinuitas.
2. Hukum Persamaan Energi.
3. Hukum Persamaan Momentum.

3.5.1 Persamaan Kontinuitas



Gambar 3.2. Kontinuitas aliran dalam suatu pias

Ditinjau suatu pias 1 – 2 – 2 – 1 sepanjang x dari dari suatu aliran muka air terbuka (Gambar 3.2). Apabila debit yang lewat di tampang c – c besarnya sama dengan Q dan mempunyai kedalaman aliran sebesar h pada saat t, maka besarnya aliran netto yang lewat pada pias tersebut selama waktu Δt dapat didenifisikan sebagai :

$$\left\{ \left[Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] - \left[Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \right\} \Delta t = - \frac{\partial Q}{\partial x} \Delta x \Delta t \dots\dots\dots(3.1)$$

Dan apabila luas penampang di potongan c – c adalah A dengan lebar muka air T, maka jumlah pertambahan volume pada pias tersebut selama waktu t adalah :

$$\frac{\partial}{\partial t} (A . \Delta x) . \Delta t \dots\dots\dots(3.2)$$

Prinsip kontinuitas menyatakan bahwa jumlah pertambahan volume sama dengan besarnya aliran netto yang lewat pada pias tersebut, sehingga dengan menyamakan

kedua persamaan tersebut diatas dan dengan membaginya dengan $x \cdot t$, maka didapat persamaan kontinuitas berikut :

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \dots\dots\dots(3.3)$$

Pada aliran permanen beraturan luas tampang basah tidak berubah sepanjang waktu Δt , sehingga integrasi persamaan tersebut diatas akan mendapatkan :

$$Q = \int^A v \, dA = v \cdot A = \text{konstan} \dots\dots\dots(3.4)$$

di mana : $Q =$ debit aliran total (Q konstan)

$A =$ luas tampang aliran

$v =$ kecepatan aliran

3.5.2 Persamaan Energi

Persamaan Bernoulli yang menyatakan konservasi energi merupakan bentuk persamaan energi untuk aliran tanpa geseran dasar yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$z + \frac{P}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = \text{konstan} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan : $z =$ ketinggian titik di atas garis referensi

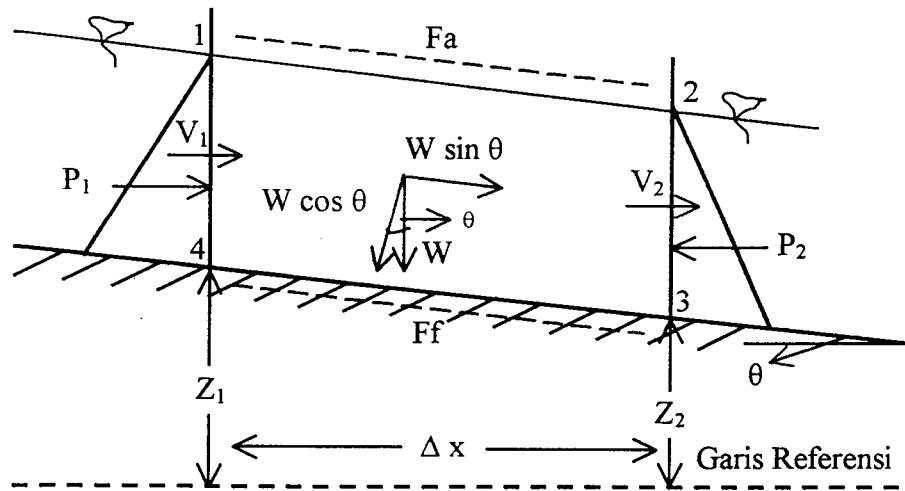
$P =$ tinggi tekanan di suatu titiktekanan fluida

$g =$ percepatan gravitasi

$\rho =$ massa jenis air

Pada aliran yang sebenarnya persamaan tersebut dapat ditulis menjadi (lihat Gambar 3.3.) :

$$h_1 + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \dots\dots\dots(3.6)$$



Gambar 3.3. Gaya-gaya yang bekerja pada suatu pias

E_1 menyatakan kehilangan tinggi tenaga karena geseran dasar atau karena perubahan bentuk saluran. Persamaan tersebut juga dapat ditulis kembali dalam bentuk berikut ini :

$$E_1 - E_2 = (z_2 - z_1) + h_f \dots\dots\dots(3.7)$$

di mana : E = energi spesifik

z = ketinggian titik di atas garis referensi

h_f = kehilangan tenaga

E_1 dan E_2 adalah energi spesifik di titik 1 dan 2 yang besarnya sama dengan $h + V^2 / 2g$ atau merupakan tinggi energi dihitung dari dasar saluran.

3.5.3 Persamaan Momentum

Hukum Newton kedua menyatakan bahwa besarnya perubahan momentum pada suatu pias aliran adalah sama dengan besarnya resultante gaya-gaya yang bekerja pada suatu pias tersebut, yaitu :

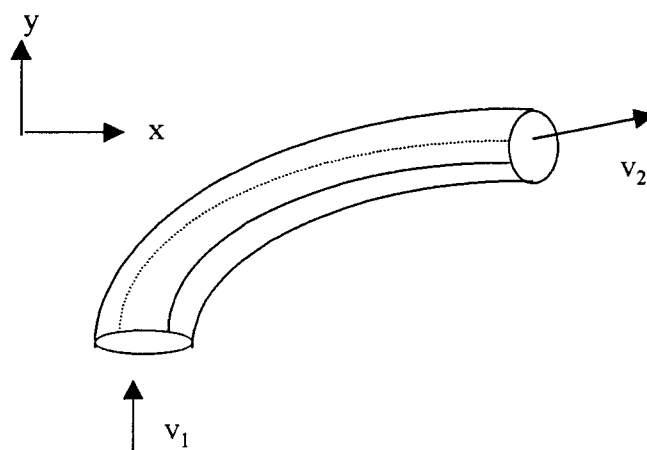
$$\sum F = \rho Q \Delta v \dots\dots\dots (3.8)$$

dengan : F = resultan gaya

ρ = massa jenis air

Q = debit aliran

v = kecepatan resultan gaya



Gambar 3.4. Pipa Aliran

Sesuai dengan Gambar (3.3.), dengan melihat pias 1 – 2 – 3 – 4 maka persamaan konservasi momentum tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$W \sin \theta + P_1 - P_2 - F_f - F_a = \rho Q (v_2 - v_1) \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan : P = tekanan hidrostatis pada potongan 1 – 4 dan 2 – 3

W = berat volume pias 1 – 2 – 3 – 4

θ = kemiringan dasar saluran

Fa = tekanan udara pada muka air bebas

Ff = gaya geser yang terjadi akibat kekasaran dasar

Persamaan momentum sangat besar kegunaannya terutama pada hitungan di suatu pias yang mengalami kehilangan energi, misal pada loncat air. Pada keadaan tersebut prinsip konservasi energi sudah tidak dapat dipakai lagi.

3.6 Bilangan Froude Kritis

Bilangan Froude didefinisikan sebagai bilangan tak berdimensi yang merupakan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya gravitasi. Untuk saluran segi empat bilangan ini dinyatakan sebagai :

$$F = \frac{v}{\sqrt{gh}} \dots\dots\dots(3.10)$$

Bila aliran yang terjadi adalah kritis maka $E_c = \frac{3}{2} h_c$ sehingga persamaan energi spesifiknya menjadi :

$$\frac{3}{2} h_c = h_c + \frac{v_c^2}{2g} \dots\dots\dots(3.11)$$

menjadi $\frac{h_c}{2} = \frac{v_c^2}{2g} \dots\dots\dots(3.12)$

atau $v_c = \sqrt{gh_c} \dots\dots\dots(3.13)$

Dengan demikian :

$$\frac{V_c}{\sqrt{gh_c}} = 1 \text{ (bilangan Froude) } \dots\dots\dots(3.14)$$

Dari penjabaran di atas dapat diambil kesimpulan bahwa bilangan Froude dapat digunakan sebagai patokan keadaan aliran, yaitu :

1. Bila bilangan Froude kurang dari 1 maka aliran yang terjadi adalah aliran subkritik atau aliran lambat.
2. Bila bilangan Froude sama dengan 1 maka aliran yang terjadi adalah aliran kritik.
3. Bila bilangan Froude lebih dari 1 maka alirannya adalah aliran super kritik atau aliran cepat.

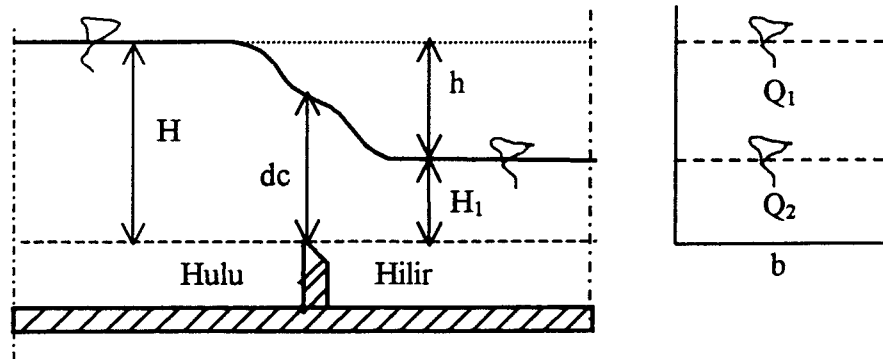
3.7 Koefisien Debit

Adanya bangunan air berupa ambang (“weir”), mengakibatkan perubahan tampang aliran, dan debit aliran yang sesungguhnya tidak sesuai debit aliran secara teoritis. Suatu rumus pengaliran teoritis pada bangunan-bangunan tersebut harus dikalikan dengan suatu koefisien debit agar sesuai dengan aliran yang sesungguhnya.

3.8 Rumus Peluapan Tak Sempurna Pada Bangunan Air di Saluran Terbuka

3.8.1 Ambang Tajam Segi Empat (“rectangular sharp crested weir”)

Rumus peluapan tak sempurna pada ambang tajam segi empat menurut Ir. Nur Yuwono (HIDROLIKA I), adalah sama dengan rumus lubang berbentuk segi empat yang tergenang sebagian.



Gambar 3.5. Aliran tenggelam pada ambang tajam

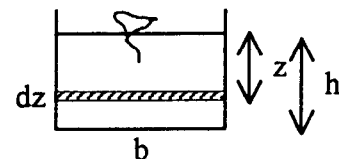
Rumus :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q_1 = Debit aliran pada lubang bebas

$$V_z = \sqrt{2gz}$$

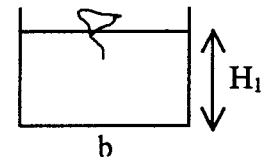
$$dQ = V_z \cdot dA = \sqrt{2gz} \cdot b \cdot dz$$



$$Q_1 = b \cdot \sqrt{2g} \cdot \int_0^h z^{1/2} dz = \frac{2}{3} \cdot Cd_1 \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}$$

Q_2 = Debit aliran pada lubang tergenang

$$Q_2 = Cd_2 \cdot b \cdot H_1 \cdot \sqrt{2g \cdot (H - H_1)} = Cd_2 \cdot b \cdot H_1 \cdot \sqrt{2gh}$$



Sehingga rumusnya menjadi :

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ atau}$$

$$Q = \frac{2}{3} \cdot Cd_1 \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} + Cd_2 \cdot b \cdot H_1 \cdot \sqrt{2gh} \dots\dots\dots(3.15)$$

Pengukuran koefisien debit dilakukan dengan mengukur debit yang masuk ke dalam tangki penampungan. Pertama diukur volume tampungan untuk menampung

air, kemudian pengukuran debit dapat dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan untuk mengisi wadah yang telah diketahui volumenya.

$$Q = V / T \dots\dots\dots(3.16)$$

Dengan : $Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$

$V = \text{volume tampungan aliran (m}^3 \text{)}$

$T = \text{waktu pengaliran (s)}$

Kemudian dari rumus (3.15) dan (3.16), maka diperoleh harga koefisien debitnya :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = \frac{2}{3} C d_1 b \sqrt{2g} h^{3/2} + C d_2 b H_1 \sqrt{2gh}$$

$$V / T = \frac{2}{3} C d_1 0,1 \sqrt{2.9.81} h^{3/2} + C d_2 0,1 (H - h) \sqrt{2.9.81} \sqrt{h}$$

$$V / T = 0,2953 C d_1 h^{3/2} + 0,4429 C d_2 (H - h) \sqrt{h} \dots\dots\dots(3.17)$$

dengan : $Cd = \text{koefisien debit}$

$V = \text{volume tampungan}$

$T = \text{waktu penampungan}$

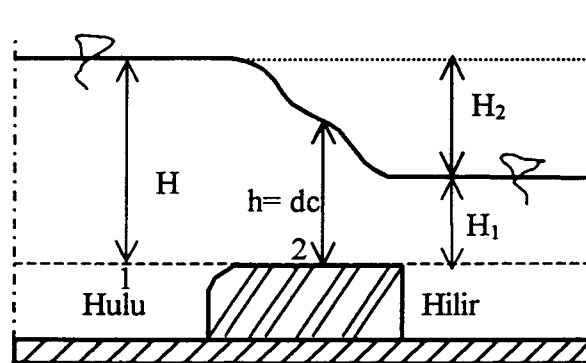
$B = \text{lebar saluran "tilting flume"}$

$g = \text{percepatan gravitasi}$

$h = \text{selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi permukaan air di hilir 3}$

$H = \text{selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi alat}$

3.8.2 Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan (“round-nosed broad crested weir”)



Gambar 3.6. Aliran tenggelam pada ambang lebar

Rumus peluapan tak sempurna pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan menurut Ir. Nur Yuwono (HIDROLIKA I), adalah dengan menggunakan aplikasi persamaan Bernoulli :

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$0 + H + 0 = 0 + h + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = H - h \quad \rightarrow \quad V_2 = \sqrt{2g.(H - h)}$$

$$Q = A . v = b . h . \sqrt{2g.(H - h)} = Cd . b . h . \sqrt{2g.(H - h)}$$

$$Q = Cd b h \sqrt{2g(H - h)} \dots\dots\dots(3.18)$$

Penurunan rumus koefisien debit pada ambang lebar dilakukan dengan cara yang sama, seperti pada model ambang tajam. Dari rumus (3.16) dan (3.18) maka diperoleh :

$$C_d = \frac{V}{T \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)}} \dots\dots\dots(3.19)$$

dengan : C_d = koefisien debit

V = volume tampungan

T = waktu penampungan

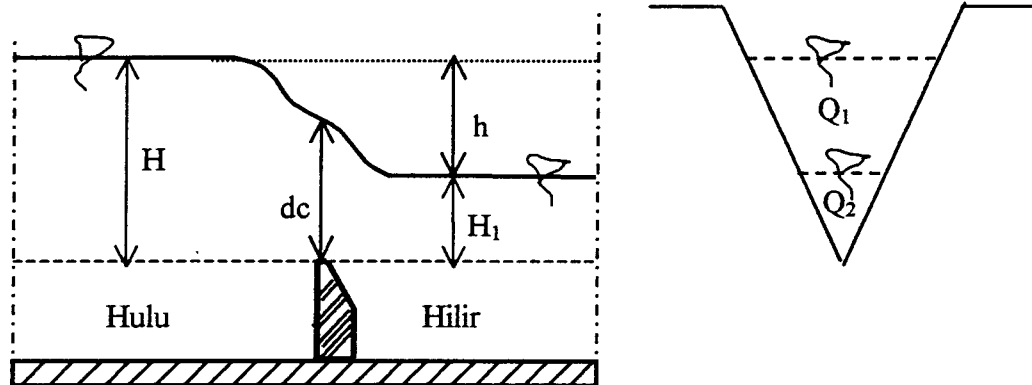
B = lebar saluran "tilting flume"

g = percepatan gravitasi

h = tinggi permukaan air di atas ambang

H = selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi alat

3.8.3 Ambang Tajam Segi Tiga ("V-Notch")



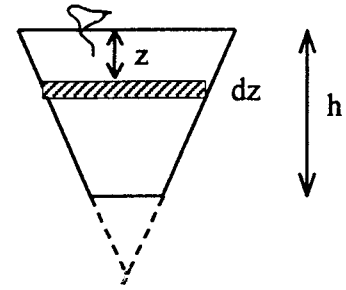
Gambar 3.7. Aliran tenggelam pada ambang V-Notch

Rumus :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

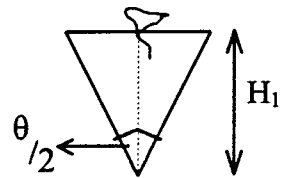
Q_1 = Debit aliran pada lubang bebas

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \int_0^h C d_1 \cdot 2 \cdot (H - z) \cdot \tan \theta/2 \cdot dz \cdot \sqrt{2gz} \\
 &= 2 \cdot C d_1 \cdot \tan \theta/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \int_0^h (H - z) \cdot \sqrt{z} \cdot dz \\
 &= 2 \cdot C d_1 \cdot \tan \theta/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \int_0^h (H \cdot z^{1/2} - z^{3/2}) \cdot dz \\
 &= 2 \cdot C d_1 \cdot \tan \theta/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \left[H \cdot \frac{2}{3} \cdot z^{3/2} - \frac{2}{5} \cdot z^{5/2} \right]_0^h \\
 Q_1 &= C d_1 \cdot \tan \theta/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right)
 \end{aligned}$$



Q_2 = Debit aliran pada lubang tergenang

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{2} b / (H - h) &= \tan \theta/2 \rightarrow b = 2 (H - h) \tan \theta/2 \\
 Q_2 &= C d_2 \cdot A \cdot v = C d_2 \cdot b \cdot H_1 \cdot \sqrt{2gh} \\
 &= C d_2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (H - h) \tan \theta/2 \cdot (H - h) \cdot \sqrt{2gh} \\
 Q_2 &= C d_2 \cdot \tan \theta/2 \cdot (H - h)^2 \cdot \sqrt{2gh}
 \end{aligned}$$



Sehingga rumusnya menjadi :

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ atau}$$

$$Q = C d_1 \cdot \tan \theta/2 \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right) + C d_2 \cdot \tan \theta/2 \cdot (H - h)^2 \cdot \sqrt{2gh} \dots (3.20)$$

Penurunan rumus koefisien debit pada ambang v – notch dilakukan dengan cara yang sama, seperti pada model ambang tajam. Dari rumus (3.16) dan (3.20) maka diperoleh :

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = Cd_1 \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right) + Cd_2 \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot (H-h)^2 \cdot \sqrt{2gh}$$

$$Q = Cd_1 \cdot \tan 60/2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right) + Cd_2 \cdot \tan 60/2 \cdot (H-h)^2 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81} \cdot \sqrt{h}$$

$$V / T = Cd_1 \cdot 2,5573 \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right) + Cd_2 \cdot 2,5573 \cdot (H-h)^2 \cdot \sqrt{h}$$

$$V / T = 2,5573 \cdot Cd_1 \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2} \right) + 2,5573 \cdot Cd_2 \cdot (H-h)^2 \cdot \sqrt{h} \dots (3.21)$$

dengan : Cd = koefisien debit

V = volume tampungan

T = waktu penampungan

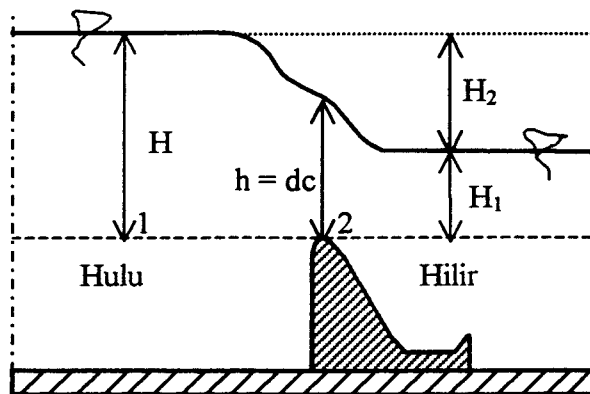
g = percepatan gravitasi

θ = sudut bukaan V-Notch

h = selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi permukaan air di hilir 3

H = selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi alat

3.8.4 Bendung Mercu Bundar



Gambar 3.8. Aliran tenggelam pada bendung mercu bundar

Rumus peluapan tak sempurna pada bendung mercu bundar sama dengan rumus peluapan tak sempurna pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan, yaitu dengan menggunakan aplikasi persamaan Bernoulli :

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$0 + H + 0 = 0 + h + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = H - h \quad \rightarrow \quad v_2 = \sqrt{2g.(H - h)}$$

$$Q = A \cdot v = b \cdot h \cdot \sqrt{2g.(H - h)} = Cd \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g.(H - h)}$$

$$Q = Cd b h \sqrt{2g(H - h)} \dots\dots\dots(3.22)$$

Penurunan rumus koefisien debit pada bendung mercu bundar dilakukan dengan cara yang sama, seperti pada model ambang tajam. Dari rumus (3.16) dan (3.22) maka diperoleh :

$$C_d = \frac{V}{T \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)}} \dots\dots\dots (3.23)$$

dengan : C_d = koefisien debit

V = volume tampungan

T = waktu penampungan

B = lebar saluran "tilting flume"

g = percepatan gravitasi

h = tinggi permukaan air di atas ambang

H = selisih tinggi permukaan air di hulu dengan tinggi alat

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pendahuluan

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pengamatan langsung di laboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Analisis hasil dilakukan setelah penelitian di laboratorium selesai dilakukan.

Kegiatan penelitian yang paling banyak dilakukan adalah pelaksanaan pengukuran, disamping pengamatan terhadap fenomena aliran yang melalui model bangunan air pada kondisi tertentu. Sehingga dapat diketahui koefisien debit pada aliran tenggelam.

Namun dalam kenyataan setiap kali melakukan pengukuran yang diulang-ulang dengan teliti, hasilnya hampir selalu berbeda, meskipun selisihnya kecil. Karenanya dalam proses pengukuran selalu terdapat pembetulan kesalahan atau ralat. Usaha yang harus dilakukan dalam setiap pengukuran adalah memperoleh kesalahan tersebut sekecil-kecilnya.

4.2 Cara Kerja Alat

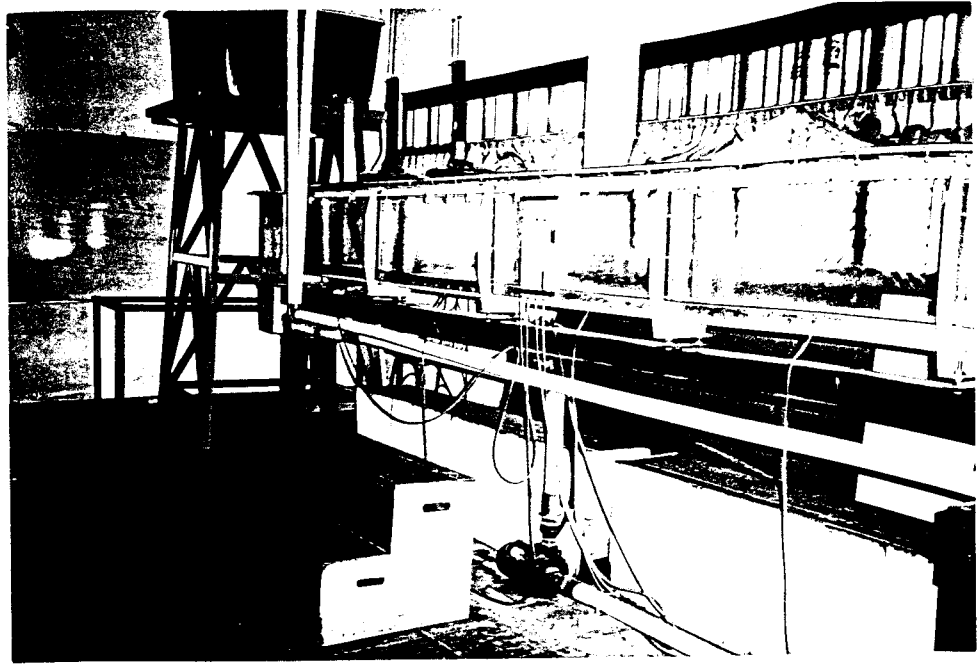
Didalam pelaksanaan penelitian laboratorium, cara kerja alat merupakan bagian yang tak terpisahkan dengan prosedur penelitian diatas.

Perlengkapan utama yang digunakan selama penelitian adalah “glass sided tilting flume” yaitu bagian-bagian yang sifatnya tidak untuk dibongkar pasang atau dipisahkan dari perangkat “tilting flume” itu sendiri. Jadi merupakan bagian yang menjadi satu kesatuan dalam mendukung berfungsinya “tilting flume” yaitu : saluran, tangki air, pompa air, pengatur debit, “stabilizer”, plat pembendungan, penggerak plat pembendungan dan pengatur kemiringan dasar saluran.

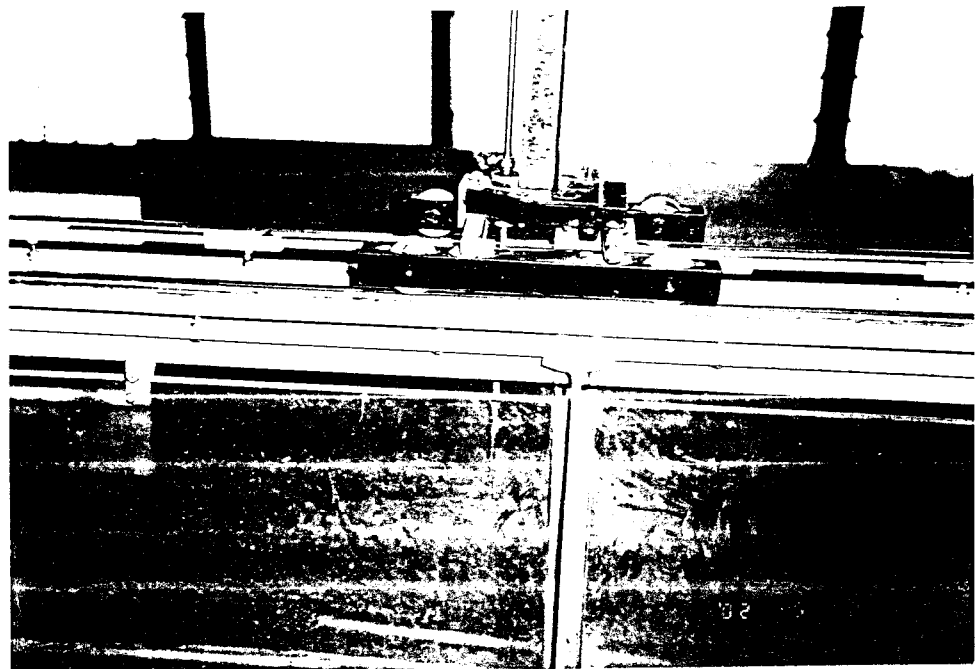
4.2.1 Saluran

Dinding saluran terbuat dari bahan “perspex” transparan dengan ketebalan 10 mm. Panjang kerja saluran adalah 6 m dengan lebar kerja 10 cm serta kedalaman total 40 cm. Pada bagian pangkalnya terdapat lubang pemasukan air (“intake”) dan pada bagian ujungnya terdapat lubang pengeluaran air (“outlet”).

Diatas bibir dinding sepanjang saluran, terdapat rel sebagai jalur untuk memudahkan pergerakan alat ukur vertikal “point gauge”, agar dapat digerakkan/dijalankan pada rel, sebuah alat pengukur harus dilengkapi dengan ‘dudukan’ beroda (“instrument carrier”). Rangka dasar saluran ini terbuat dari baja sedangkan rel “point gauge” terbuat dari almunium.



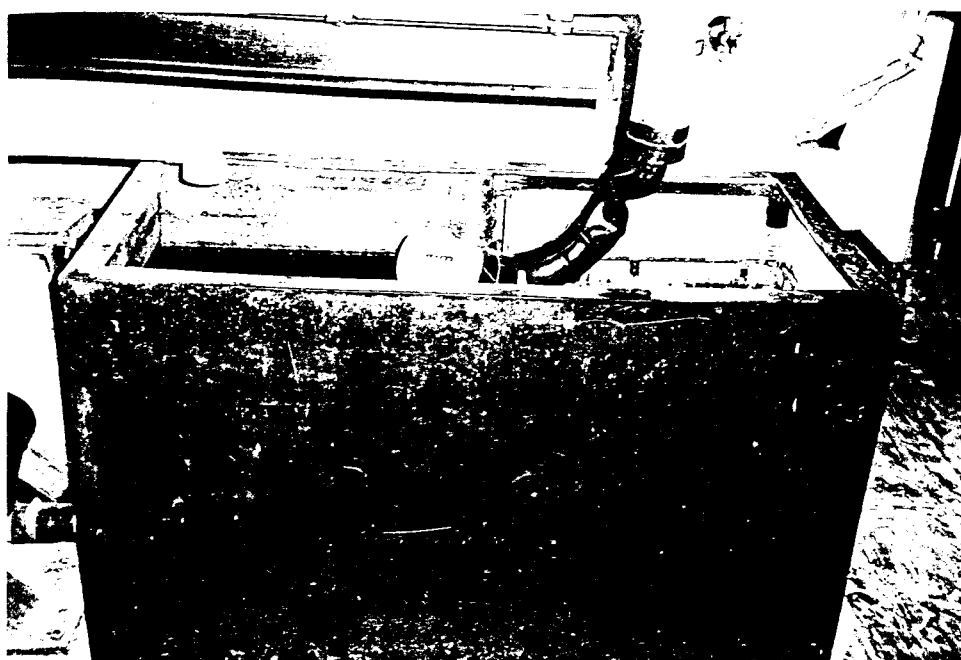
Gambar 4.1. "Tilting flume"



Gambar 4.2. Rel "point gauge"

4.2.2 Tangki Air

Tangki air mempunyai ukuran panjang 67 cm, lebar 49,5 cm, tinggi 70 cm dan berbentuk segi empat bersekat dengan salah satu bagian untuk mengukur volume dan waktu tampungan guna menentukan debit aliran terletak pada sisi buang saluran.

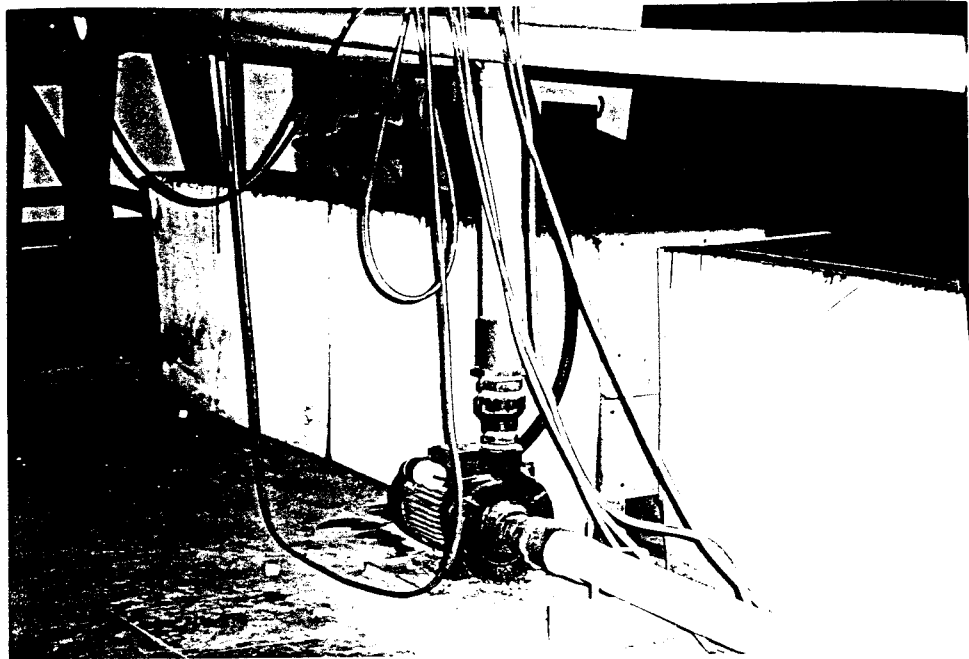


Gambar 4.3. Tangki penampungan

4.2.3 Pompa Air, Pengatur Debit dan “Stabilizer”

Pompa ini digerakkan oleh listrik dan terletak di bawah saluran. Alat ini memompakan air dari tangki ke dalam saluran, lalu air kembali ke dalam tangki sehingga persediaan air di dalam tangki terjaga dan pompa mendistribusikannya lagi ke dalam saluran secara kontinue. Pompa air {merek “National”} merupakan

perlengkapan standar dari “tilting flume” dengan kapasitas 340 liter per menit, total head 20,5 m dan output 400 watt. Alat ini dilengkapi dengan keran pengatur debit aliran. Alat ini adalah vital karena menentukan lancar atau tidaknya suatu aliran serta kapasitas yang dapat dipenuhi.



Gambar 4.4. Pompa dan pendukung lainnya

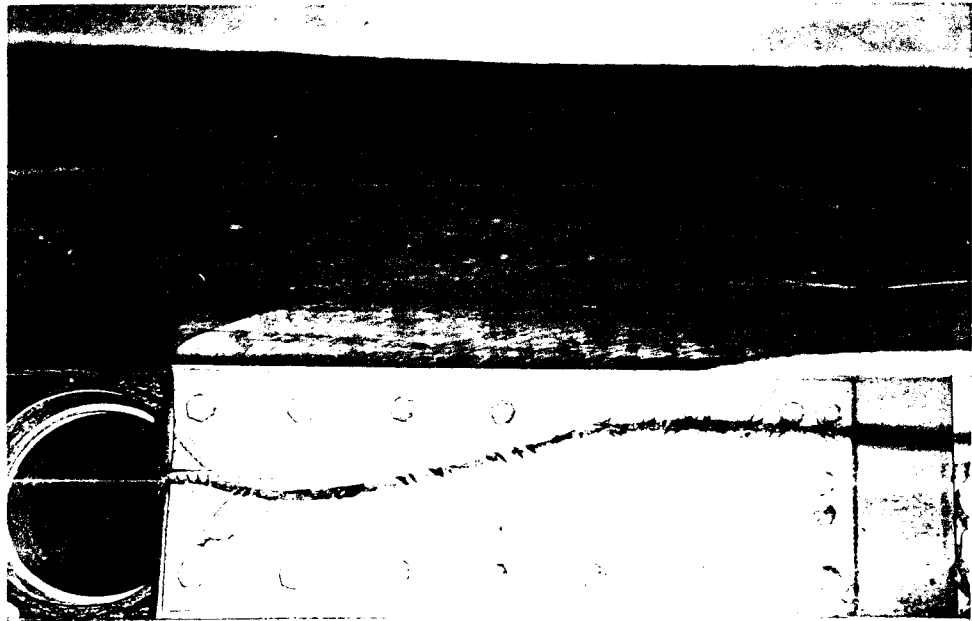
Saat pengoperasian pompa air, sering menunjukkan ketidak stabilan dalam mensuplai air. Hal ini terlihat pada suatu kondisi pengaliran, ketinggian muka air saluran selalu berubah. Untuk mengurangi fluktuasi aliran yang disebabkan oleh pompa maka dipasang “stabilizer” yang berguna untuk mengurangi fluktuasi aliran pompa yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan listrik.

4.2.4 Plat Pembendungan (“Adjustable Overshot Weir”)

Plat ini terdapat di ujung saluran, yaitu sebelum lubang pengeluaran air. Posisinya dapat diatur mulai dari posisi horizontal (terbaring di dasar saluran; 0° terhadap dasar saluran) hingga posisi vertikal (90° terhadap dasar saluran).

Apabila plat dalam posisi horizontal (kemiringan 0°) maka air di dalam saluran akan mengalir lepas keluar melalui “outlet”, masuk ke dalam tangki. Sedangkan bila sudut kemiringan plat diperbesar maka aliran air di dalam saluran akan terbendung

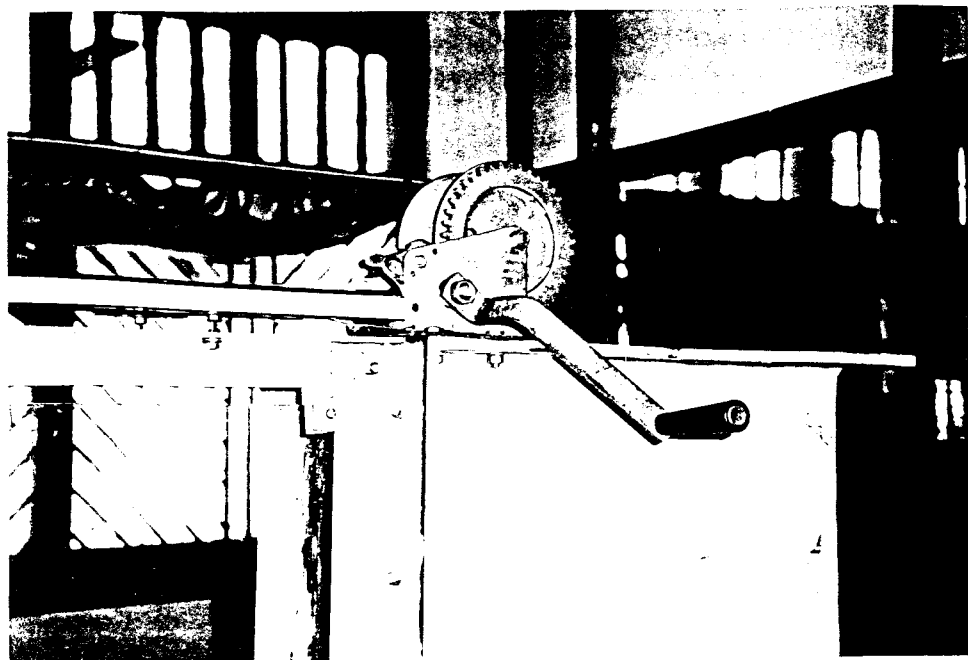
Salah satu kegunaan dari plat pembendungan adalah kita dapat membuat loncat air di dalam saluran jika sudut kemiringan plat kita perbesar.



Gambar 4.5. Plat pembendungan

4.2.5 Penggerak Plat Pembendungan

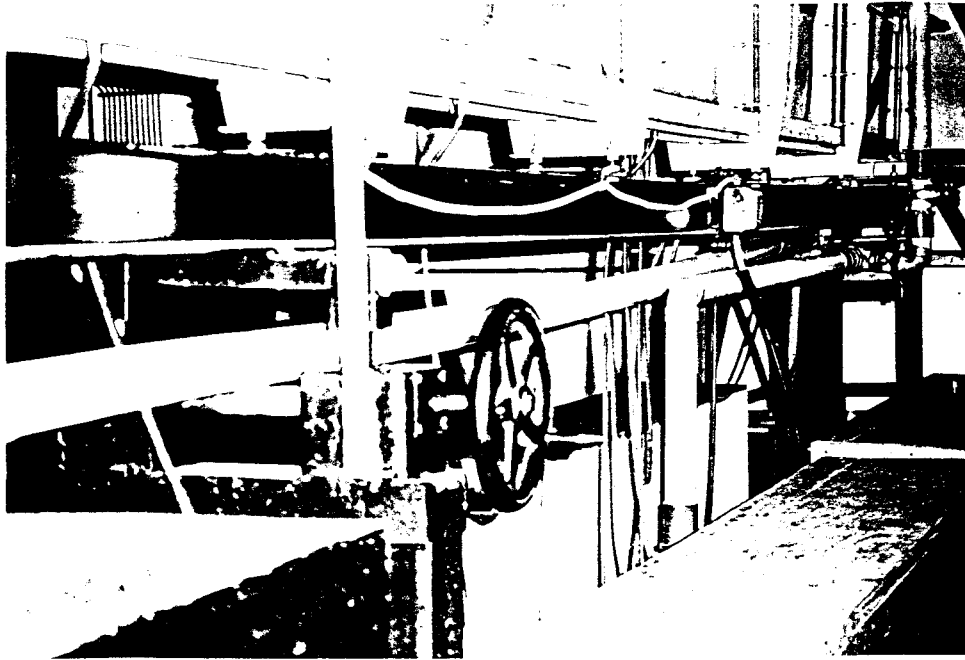
Alat ini bersama-sama dengan plat itu sendiri terpasang pada bagian ujung saluran yaitu pada bagian “outlet”. Penggerak plat ini terdiri dari tangkai pemutar yang apabila diputar searah jarum jam akan dapat menggerakkan plat sehingga sudutnya bertambah. Sedangkan untuk arah sebaliknya plat harus didorong dengan tangan (dalam keadaan tidak ada aliran air).



Gambar 4.6. Penggerak plat pembendungan

4.2.6 Pengatur Kemiringan Dasar Saluran

Kemiringan dasar saluran (S_o) dapat diubah-ubah sesuai keinginan dari 0 sampai 14 cm dengan memutar alat pengaturnya. Alat ini dipasang pada salah satu sisi rangka dasar saluran bagian hilir.



Gambar 4.7. Pengatur kemiringan dasar saluran

Tabel 4.1. Bagian-bagian utama “tilting flume”

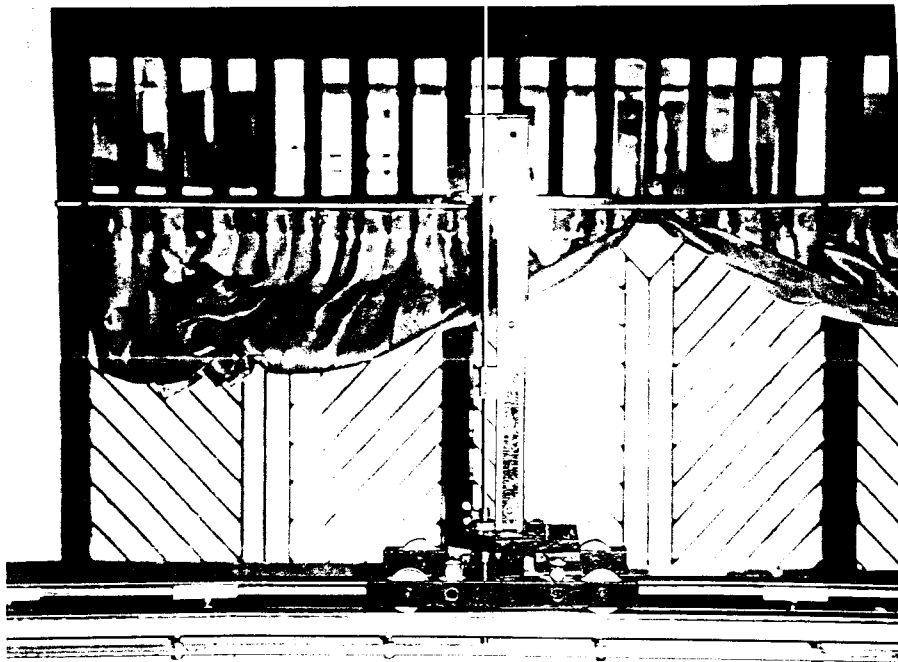
No	Alat
1	Saluran Panjang kerja 6 m, lebar 10 cm dan kedalaman 40 cm
2	Tangki Air segi empat bersekat dengan salah satu bagian untuk mengukur volume dan waktu tampungan guna penentuan debit aliran
3	Pompa Kapasitas maksimum 340 ltr/menit
4	Plat Pembendungan
5	Penggerak Plat Pembendungan
6	Pengatur Kemiringan Dasar Saluran secara manual

4.3 Perlengkapan Tambahan

Yang dimaksud dengan peralatan tambahan adalah alat-alat yang menjadi kelengkapan “tilting flume” yang tidak permanen. Artinya alat-alat tersebut dapat dibongkar pasang pada saluran serta digunakan untuk membantu percobaan. Perlengkapan tambahan yang dimiliki oleh saluran adalah seperti berikut ini.

4.3.1 “Point Gauge Instrument”

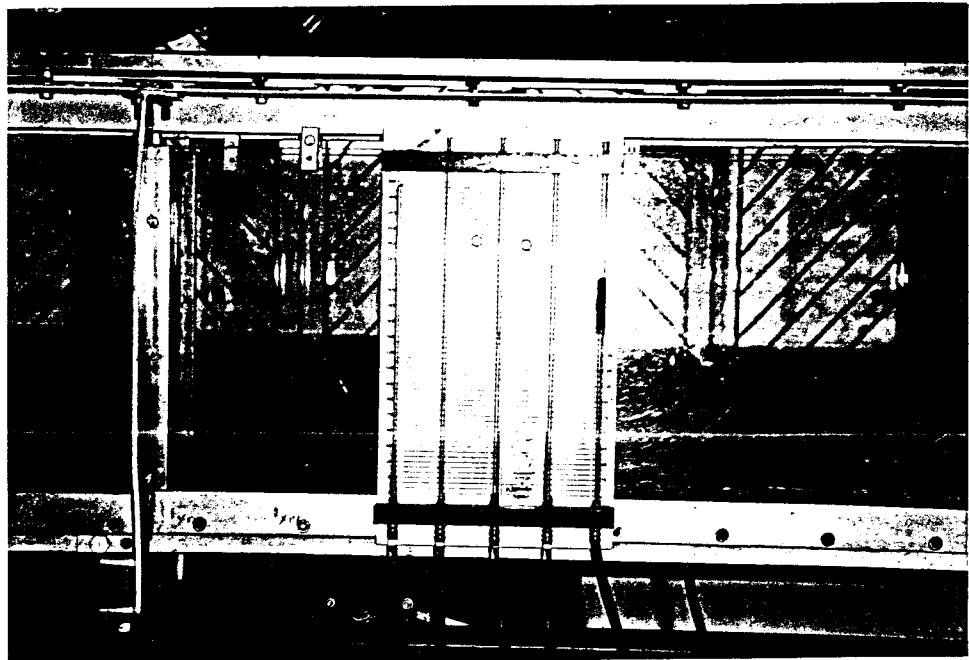
Alat ini digunakan untuk mengukur elevasi muka air di dalam saluran. Alat ini mempunyai bagian pokok berupa : bagian angka ukur dan penopang, batang pengukur serta skrup pengunci elevasi. Ketelitian angka ukur hingga 0,1 cm. Ujung batang pengukur berbentuk mata jarum. Peralatan ini dapat diletakkan pada dudukan rel (“instrument carrier”) yang dapat dijalankan di sepanjang rel diatas bibir dinding saluran.



Gambar 4.8. “Point gauge”

4.3.2 “Piezometer”

“Piezometer” digunakan sebagai alat pengukur ketinggian muka air. Alat ini terdapat pada perangkat “tilting flume” mempunyai lima tabung, yang setiap tabung berjarak 5 cm satu sama lainnya. Masing-masing tabung dapat dihubungkan dengan sebuah selang plastik ke ujung kran (“tapping”) yang terdapat di bawah dasar saluran. Jumlah kran yang dapat dibuka-tutup adalah lima buah. Kran-kran tersebut tersebar pada bagian tengah tiap-tiap ruas saluran, yang masing-masing kran berjarak 100 cm satu sama lainnya. Pada saat kran dalam keadaan terbuka maka tinggi air di dalam “piezometer” akan sama dengan tinggi air di dalam saluran.



Gambar 4.9. “Piezometer” terpasang

Tabel 4.2. Perlengkapan tambahan “tilting flume”

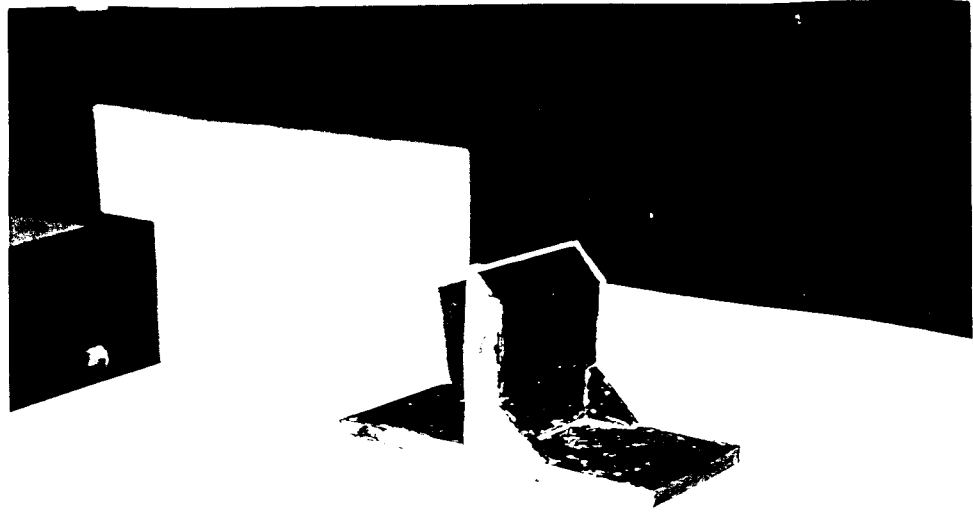
No	Alat
1	Point gauge
2	Piezometer Lima selang untuk lima tapping, dimana : Selang 1, dalam keadaan rusak (pecah di bagian ujung) Selang 2, 3 dan 4, dalam keadaan baik Selang 5, dalam keadaan rusak (Patah di bagian tengah seperti tampak pada gambar 4.9.)

4.4 Model Percobaan

Ada beragam model bangunan air yang melengkapi peralatan “tilting flume”. Namun yang akan diterangkan di sini hanyalah model yang akan di ujikan.

4.4.1 Model Ambang Tajam Segi Empat (“Rectangular Sharp Crested Weir”)

Model ambang tajam segi empat ini tanpa kontraksi samping dan terbuat dari “acrylic”. Puncak ambang terbuat dari logam. Ambang tajam ini berbentuk segi empat. Tiap sisinya terdapat penyekat karet. Model ini tidak memiliki pipa pengudaraan (“aeration pipes”) untuk membuat tekanan udara yang terperangkap di bawah terjunan menjadi sama dengan tekanan udara luar. Model ambang tajam segi empat ini memiliki panjang ambang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi sebesar 11 cm.

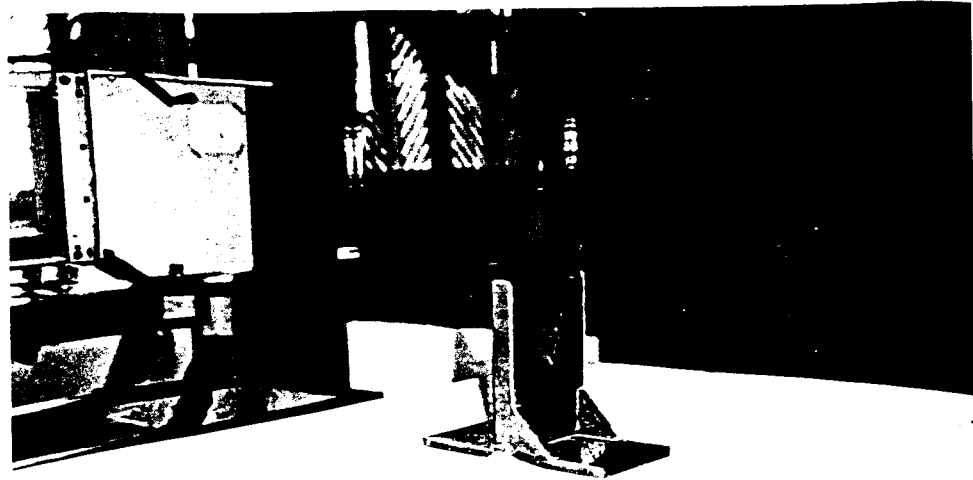


Gambar 4.10. Model ambang tajam segi empat

4.4.2 Model Ambang Tajam Segi Tiga (“V-Notch”)

Model ambang v-notch ini terbuat dari “acrylic”. Ambang ini berbentuk segi tiga dengan sudut 60° dan tiap sisinya terdapat penyekat karet. Seperti model ambang tajam segi empat, alat ini tidak memiliki pipa pengudaraan (“aeration pipes”) untuk membuat tekanan udara yang terperangkap di bawah terjunan menjadi sama dengan tekanan udara luar. Model ambang tajam segi tiga ini memiliki panjang ambang 20 cm, lebar 10 cm, tinggi puncak 16 cm dan tinggi awal sudut sebesar 10,8 cm.

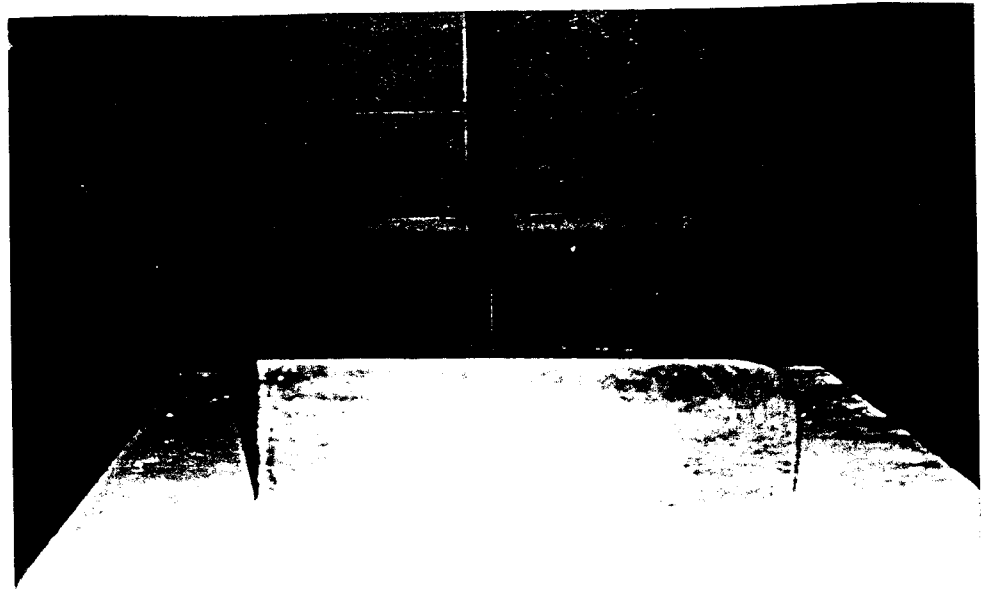




Gambar 4.11. Model ambang tajam segi tiga

4.4.3 Model Ambang Lebar Dengan Pangkal Dibulatkan (“Round-Nosed Broad Crested Weir”)

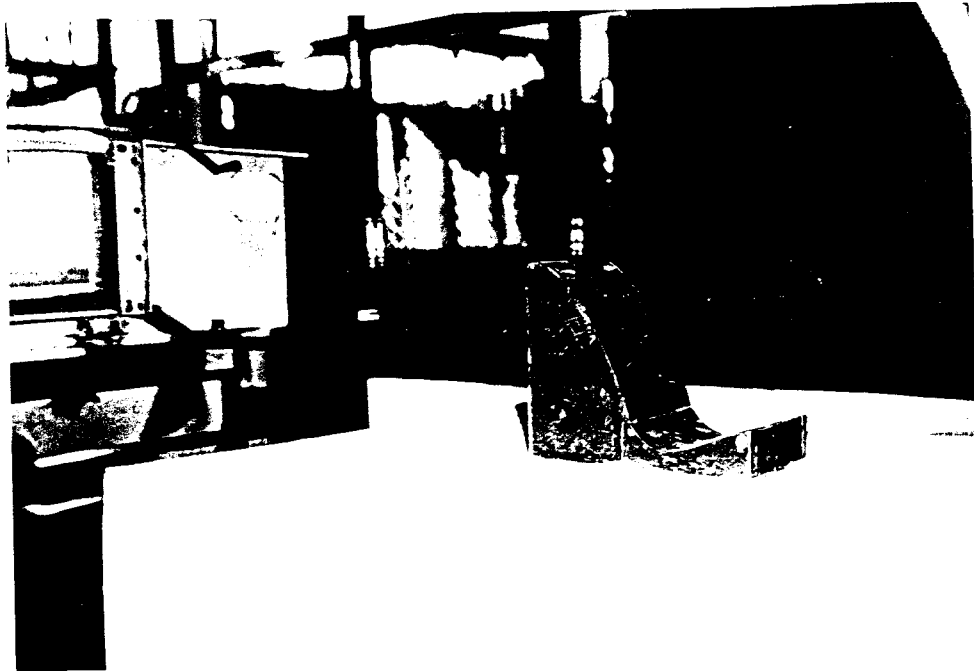
Model ambang lebar ini juga terbuat dari bahan “acrylic”. Model ambang lebar dengan pangkal dibulatkan ini memiliki panjang ambang 35 cm, lebar 10 cm dan tinggi sebesar 9,8 cm.



Gambar 4.12. Model ambang lebar dengan pangkal dibulatkan

4.4.4 Model Bendung Mercu Bundar

Model bendung mercu bundar ini juga terbuat dari bahan “acrylic”. Model bendung mercu bundar ini memiliki panjang ambang 21,5 cm, lebar 10 cm dan tinggi sebesar 17,5 cm.



Gambar 4.13. Model bendung mercu bundar

Tabel 4.3. Model bangunan air

No	Model Bangunan Air
1	Model Ambang Tajam Segi Empat Panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tinggi 11 cm
2	Model Ambang Tajam Segi Tiga ("V-Notch") Sudut 60°, panjang 20 cm, lebar 10 cm, tinggi puncak 16 cm dan tinggi awal sudut 10,8 cm
3	Model Ambang Lebar Dengan Pangkal Dibulatkan Panjang 35 cm, lebar 10 cm dan tinggi 9,8cm
4	Model Bendung Mercu Bundar Panjang 21,5 cm, lebar 10 cm dan tinggi 17,5 cm

4.5 Perletakan Model Pada Saluran

Setiap model bangunan air yang akan di ujikan yaitu ambang tajam segi empat (“rectangular sharp crested weir”), ambang lebar dengan pangkal dibulatkan (“round-nosed broad crested weir”), ambang tajam segi tiga (“v-notch”) dan bendung mercu bundar diletakkan bagian hulu ke hilir sesuai dengan arah aliran air. Peletakan model harus stabil agar tidak berubah posisinya pada saat saluran diairi. Diperhatikan juga kebersihan dasar dan dinding saluran yang akan diamati.

4.6 Penggunaan Bahan Pencegah Rembesan Air

Untuk menjaga agar tidak terjadi rembesan antara tepi model dan dinding saluran maka akan digunakan bahan pencegah rembesan air, biasa disebut “plastisin”.

4.7 Prosedur Penelitian dan Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur koefisien debit pada keempat model bangunan air dan variabel yang mempengaruhi nilai koefisien debit aliran tenggelam. Semua penelitian dilakukan pada kedudukan saluran mendatar (kemiringan 0°). Kedudukan ini diatur dengan memutar alat pengatur kemiringan dasar saluran. Sebelum diadakan penelitian “point gauge” terlebih dahulu dikalibrasi pada titik nol.

4.7.1 Prosedur Penelitian Ambang Tajam Segi Empat

Alat yang digunakan selama penelitian :

1. Model bendung ambang tajam segi empat
2. “Stop watch”

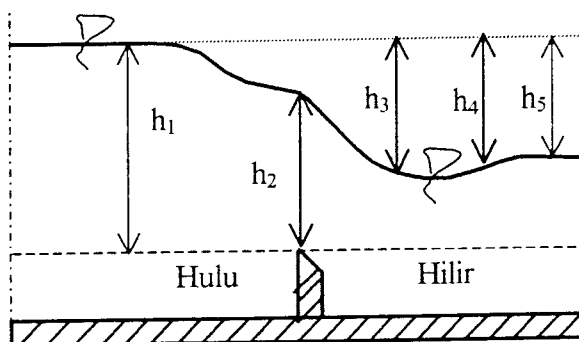
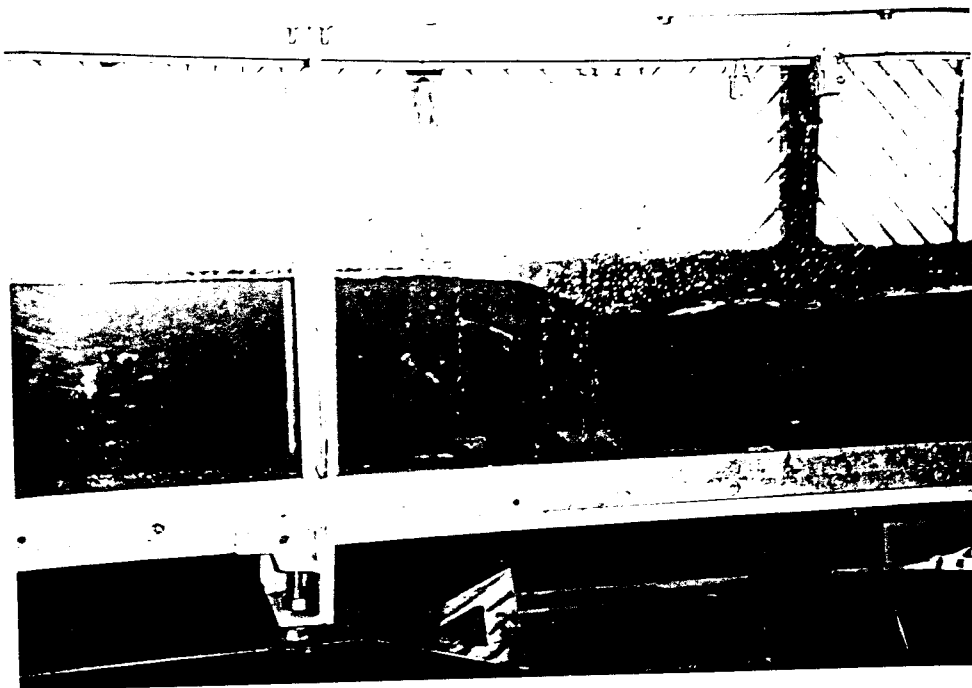
3. "Point gauge"
4. Penggaris
5. Alat ukur debit (tampungan)
6. "Tilting flume"
7. "Plastisin"

Jalannya Penelitian :

1. Atur saluran dalam keadaan mendatar
2. Letakkan bendung ambang tajam segi empat kedalam dasar saluran di bagian hulu (43,3 in / 110 cm dari inlet) lalu rapatkan sisi dan dasarnya dengan "plastisin".
3. Tutup keran pipa aliran dari water tower untuk aliran langsung dari pompa.
4. Alirkan air ke dalam saluran hingga melewati puncak ambang lalu pompa dimatikan atau tutup keran untuk aliran dari water tower.
5. Catat tinggi muka air sampai puncak bendung sebagai kedalaman air datum atau cara lain adalah dengan mengukur tinggi alat dari dasar saluran hingga puncak ambang
6. Atur debit aliran ke dalam saluran hingga didapat tinggi tenaga (h_1).
7. Plat pembendungan dinaikkan secara perlahan-lahan hingga terbentuk aliran tenggelam di hilir ambang atau kedalaman air di hilir lebih tinggi dari ambang.
8. Ukur dan catat tinggi tenaga (h_1), tinggi muka air di atas ambang (h_2)
9. Ukur dan catat tinggi muka air di hilir ambang pada aliran tenggelam (h_3 , h_4 dan h_5) dan debit (Q).

10. Prosedur diulang untuk beberapa nilai h_1 dengan interval 10 mm.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar (4.14) yang menunjukkan aliran tenggelam pada ambang tajam segi empat.



Gambar 4.14. Aliran tenggelam pada ambang tajam segi empat

Tabel 4.4. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang tajam segi empat

NO	TAMPUNGAN		GAUGE					PIEZOMETER				
	VOLUME (Lt) V	WAKTU (dt) t	cm					mm				
			h1	h2	h3	h4	h5	p1	p2	p3	p4	p5
1	24,75	11,5	14	2	10,9	11,2	11,4	142	110	114	112	116
2	24,75	7,9	15	3,5	11,5	12	12,3	151	117	124	122	125
3	24,75	5,5	16	4	12,3	12,6	13,1	163	125	132	131	133
4	24,75	4,5	17	5,1	12,8	13,4	13,8	173	135	139	137	140
5	24,75	3,5	18	6,2	13,4	14,4	14,6	182	146	149	147	149

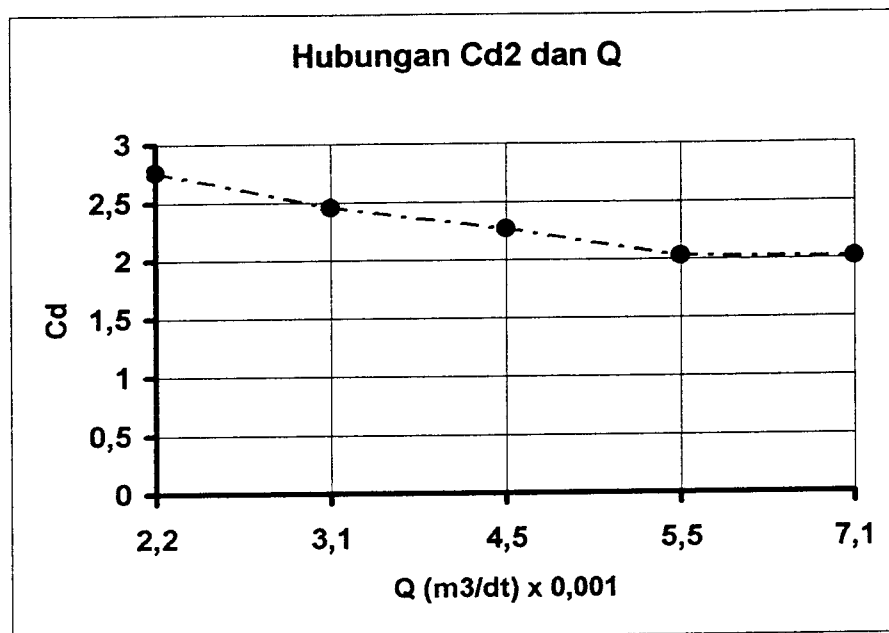
Penggunaan “point gauge” untuk mengukur ketinggian muka air perlu dicocokkan dengan pengukuran tinggi tekanan air menggunakan “piezometer” pada aliran “steady”. Berjarak 10 cm dari tapping satu tinggi muka air yang ditunjukkan oleh “point gauge” (h_1) sama dengan tekanan air pada “piezometer 1” dan begitu juga di ruas lain dari “tilting flume” itu perbedaannya sekitar 1 – 5 mm. Hal ini dapat terjadi pada saat aliran membawa kotoran kecil, sehingga menaikkan kapilaritas pada pipa “piezometer”.

Tabel 4.5. Olah data ambang tajam segi empat

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Tinggi muka air di hulu (h_1) cm	14	15	16	17	18
Tinggi muka air di ambang (h_2) cm	2	3,5	4	5,1	6,2
Tinggi muka air di hilir 1 (h_3) cm	10,9	11,5	12,3	12,8	13,4
Tinggi muka air di hilir 2 (h_4) cm	11,2	12	12,6	13,4	14,4
Tinggi muka air di hilir 3 (h_5) cm	11,9	12,3	13,1	13,8	14,6
Volume air tertampung (V) lt	24,75	24,75	24,75	24,75	24,75
Waktu penampungan (t) dt	11,5	7,9	5,5	4,5	3,5
Debit pengukuran (Q) lt/dt	2,1522	3,1329	4,5	5,5	7,0714
Froude number di hulu (F_1)	0,1312	0,1722	0,2245	0,2505	0,2956

Froude number di ambang (F2)		2,4294	1,5276	1,5259	1,5247	1,4625
Froude number di hilir1 (F3)		0,1909	0,2565	0,3331	0,3835	0,4603
Froude number di hilir 2 (F4)		0,1833	0,2406	0,3212	0,358	0,4132
Froude number di hilir 3 (F5)		0,1785	0,3219	0,303	0,3425	0,4047
$h = h_1 - h_5$	cm	2,1	2,7	2,9	3,3	3,4
$H = h_1 - \text{tinggi alat}$	cm	3	4	5	6	7
Koefisien debit pengukuran 1 (Cd1)		0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Koefisien debit pengukuran 2 (Cd2)		2,7613	2,4558	2,2651	2,0266	2,0189

Cd_1 dianggap = Cd teori = 0,62



Gambar 4.15. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit aliran untuk aliran tenggelam pada ambang tajam

4.7.2 Prosedur Penelitian Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan

Alat yang digunakan selama penelitian :

1. Model bendung ambang lebar dengan pangkal dibulatkan.
2. "Stop watch"

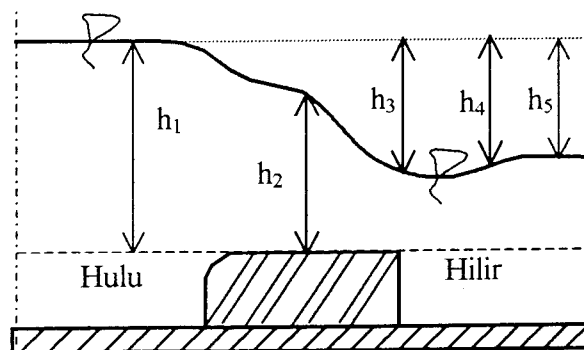
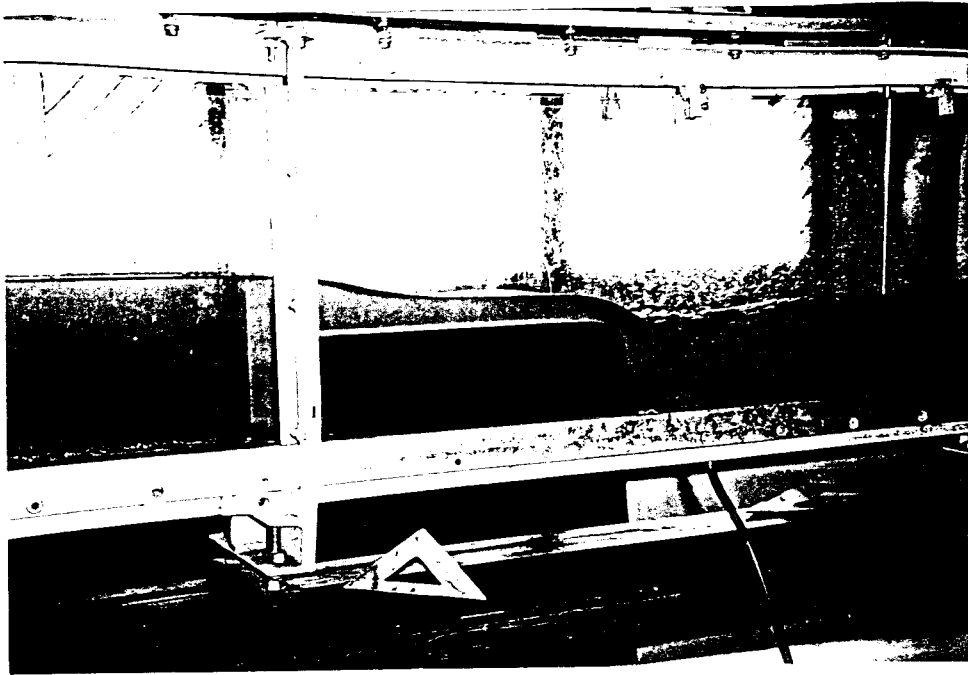
3. "Point gauge"
4. Penggaris
5. Alat ukur debit (tampungan)
6. "Tilting flume"
7. "Plastisin"

Jalannya Penelitian :

1. Atur saluran dalam keadaan mendatar
2. Letakkan bendung ambang lebar kedalam dasar saluran di bagian hulu
(43,3 in / 110 cm dari inlet) lalu rapatkan sisi dan dasarnya dengan "plastisin".
3. Tutup keran pipa aliran dari water tower untuk aliran langsung dari pompa.
4. Alirkan air ke dalam saluran hingga melewati puncak ambang lalu pompa dimatikan atau tutup keran untuk aliran dari water tower.
5. Catat tinggi muka air sampai puncak bendung sebagai kedalaman air datum atau cara lain adalah dengan mengukur tinggi alat dari dasar saluran hingga puncak ambang
6. Atur debit aliran ke dalam saluran hingga didapat tinggi tenaga (h_1).
7. Plat pembendungan dinaikkan secara perlahan-lahan hingga terbentuk aliran tenggelam di hilir ambang atau kedalaman air di hilir lebih tinggi dari ambang.
8. Ukur dan catat tinggi tenaga (h_1), tinggi muka air di atas ambang (h_2)
9. Ukur dan catat tinggi muka air di hilir ambang pada aliran tenggelam (h_3 , h_4 dan h_5) dan debit (Q).

10. Prosedur diulang untuk beberapa nilai h_1 dengan interval 10 mm.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar (4.16) yang menunjukkan aliran tenggelam pada ambang lebar dengan pangkal dibulatkan.



Gambar 4.16. Aliran tenggelam pada ambang lebar

Tabel 4.6. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang lebar

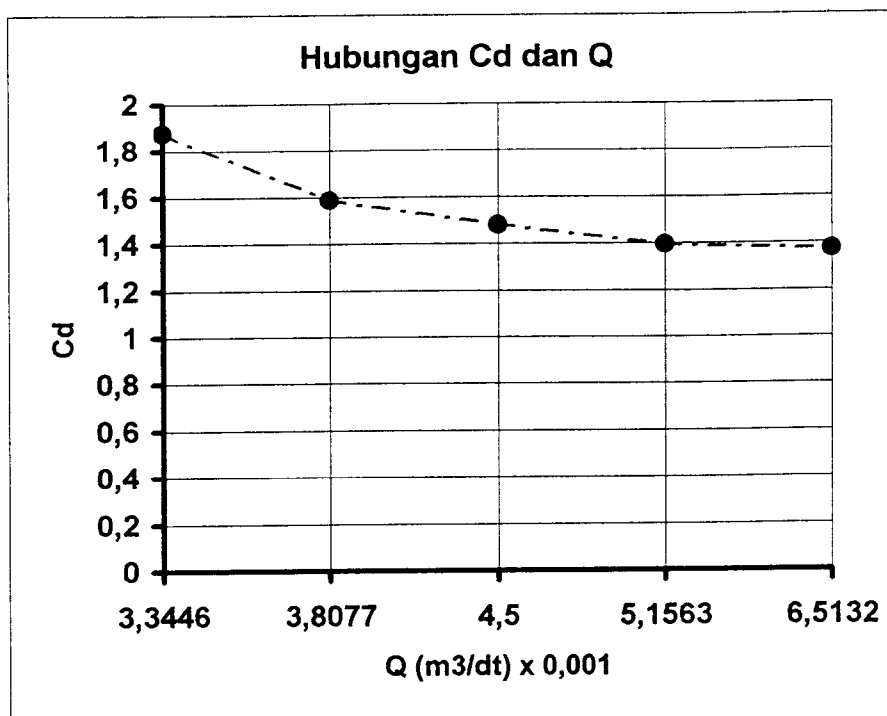
NO	TAMPUNGAN		GAUGE					PIEZOMETER				
	VOLUME (Lt) V	WAKTU (dt) T	(cm)					(mm)				
			h1	h2	h3	h4	h5	p1	p2	p3	p4	p5
1	24,75	7,4	15	2,6	9,2	9,6	10,6	152	100	105	105	105
2	24,75	6,5	16	3,3	9,8	10,2	11,4	161	109	113	111	112
3	24,75	5,5	17	3,9	10,2	11	12,3	173	119	121	117	118
4	24,75	4,8	18	4,4	10,5	12	13	182	125	128	126	127
5	24,75	3,8	19	4,9	10,6	12,3	13,8	192	132	137	134	137

Penggunaan “point gauge” untuk mengukur ketinggian muka air perlu dicocokkan dengan pengukuran tinggi tekanan air menggunakan “piezometer” pada aliran “steady”. Berjarak 10 cm dari tapping satu tinggi muka air yang ditunjukkan oleh “point gauge” (h_1) sama dengan tekanan air pada “piezometer 1” dan begitu juga di ruas lain dari “tilting flume” itu perbedaannya sekitar 1 – 5 mm. Hal ini dapat terjadi pada saat aliran membawa kotoran kecil, sehingga menaikkan kapilaritas pada pipa “piezometer”.

Tabel 4.7. Olah data ambang lebar

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Tinggi muka air di hulu (h_1) cm	15	16	17	18	19
Tinggi muka air di ambang (h_2)	2,6	3,3	3,9	4,4	4,9
Tinggi muka air di hilir 1 (h_3) cm	9,2	9,8	10,2	10,5	10,6
Tinggi muka air di hilir 2 (h_4) cm	9,6	10,2	11	12	12,3
Tinggi muka air di hilir 3 (h_5) cm	10,6	11,4	12,3	13	13,8
Volume air tertampung (V) lt	24,75	24,75	24,75	24,75	24,75
Waktu penampungan (t) dt	7,4	6,5	5,5	4,8	4,1
Debit pengukuran (Q) lt/dt	3,3446	3,8077	4,5	5,1563	6,5132
Froude number di hulu (F1)	0,1838	0,19	0,205	0,2156	0,2511
Froude number di ambang (F2)	2,5471	2,028	1,8654	1,7837	1,9172
Froude number di hilir1 (F3)	0,3827	0,3963	0,441	0,4839	0,6026

Froude number di hilir 2 (F4)		0,359	0,3732	0,3938	0,396	0,4821
Froude number di hilir 3 (F5)		0,3904	0,3158	0,3331	0,3512	0,4056
h = h2	cm	2,6	3,3	3,9	4,4	4,9
H = h1 - tinggi alat	cm	5	6	7	8	9
Koefisien debit pengukuran (Cd)		1,8746	1,5853	1,4795	1,3944	1,373



Gambar 4.17. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit aliran untuk aliran tenggelam pada ambang lebar

4.7.3 Prosedur Penelitian Ambang Tajam Segi Tiga ("V-Notch")

Alat yang digunakan selama penelitian :

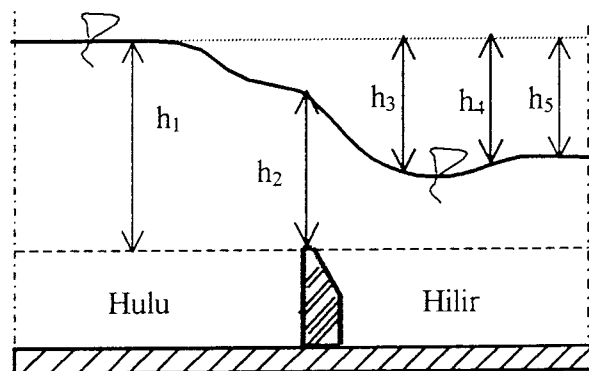
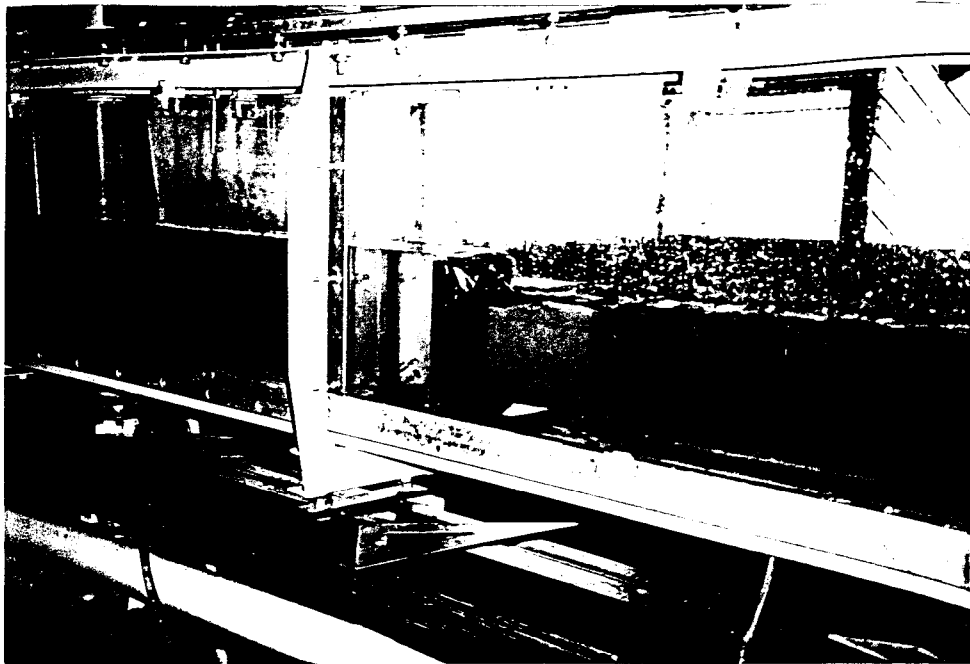
1. Model bendung ambang tajam segi tiga ("v-notch")
2. "Stop watch".
3. "Point gauge".
4. Penggaris.

5. Alat ukur debit (tampungan).
6. "Tilting flume".
7. "Plastisin".

Jalannya Penelitian :

1. Atur saluran dalam keadaan mendatar
2. Letakkan bendung ambang tajam segi tiga kedalam dasar saluran di bagian hulu (43,3 in / 110 cm dari inlet) lalu rapatkan sisi dan dasarnya dengan "plastisin".
3. Tutup keran pipa aliran dari water tower untuk aliran langsung dari pompa.
4. Alirkan air ke dalam saluran hingga melewati puncak ambang lalu pompa dimatikan atau tutup keran untuk aliran dari water tower.
5. Catat tinggi muka air sampai puncak bendung sebagai kedalaman air datum atau cara lain adalah dengan mengukur tinggi alat dari dasar saluran hingga puncak ambang
6. Atur debit aliran ke dalam saluran hingga didapat tinggi tenaga (h_1).
7. Plat pembendungan dinaikkan secara perlahan-lahan hingga terbentuk aliran tenggelam di hilir ambang atau kedalaman air di hilir lebih tinggi dari ambang.
8. Ukur dan catat tinggi tenaga (h_1), tinggi muka air di atas ambang (h_2)
9. Ukur dan catat tinggi muka air di hilir ambang pada aliran tenggelam (h_3 , h_4 dan h_5) dan debit (Q).
10. Prosedur diulang untuk beberapa nilai h_1 dengan interval 5 mm.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar (4.18) yang menunjukkan aliran tenggelam pada ambang V-Notch.



Gambar 4.18. Aliran tenggelam pada ambang V-Notch

Tabel 4.8. Pengukuran aliran tenggelam pada ambang V-Notch

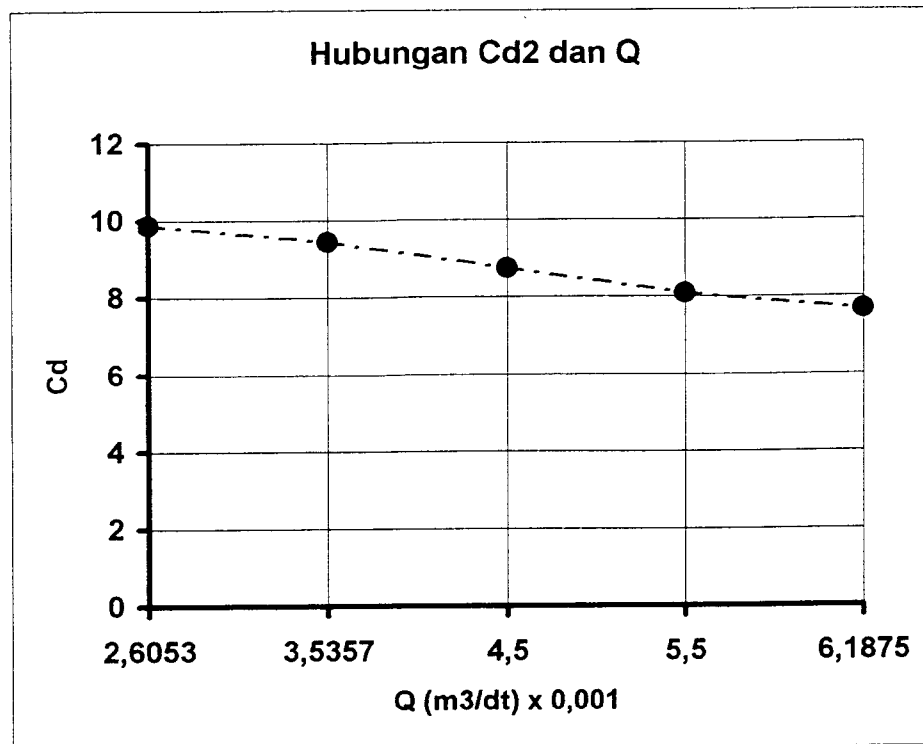
NO	TAMPUNGAN		GAUGE					PIEZOMETER				
	VOLUME (Lt) V	WAKTU (dt) t	(cm)					(mm)				
			h1	h2	h3	h4	h5	p1	p2	p3	p4	p5
1	24,75	10,8	18	6,9	10,5	10,8	11,4	182	109	114	112	114
2	24,75	7	18,5	7	11,6	11,9	11,9	187	118	122	120	123
3	24,75	5,5	19	8	11,8	12,2	12,9	193	125	126	120	122
4	24,75	4,5	19,5	8,2	12,4	13,1	13,5	196	133	134	130	132
5	24,75	4	20	8,6	12,8	13,8	13,7	202	137	136	135	136

Berjarak 10 cm dari tapping satu tinggi muka air yang ditunjukkan oleh “point gauge” (h_1) sama dengan tekanan air pada “piezometer 1” dan perbedaannya sekitar 1 – 5 mm. Hal ini dapat terjadi pada saat aliran membawa kotoran kecil, sehingga menaikkan kapilaritas pada pipa “piezometer”.

Tabel 4.9. Olah data ambang V-Notch

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Tinggi muka air di hulu (h_1) cm	18	18,5	19	19,5	20
Tinggi muka air di ambang cm	6,9	7	8	8,2	8,6
Tinggi muka air di hilir 1 (h_3) cm	10,5	11,6	11,8	12,4	12,8
Tinggi muka air di hilir 2 (h_4) cm	10,8	11,9	12,2	13,1	13,6
Tinggi muka air di hilir 3 (h_5) cm	12,4	12,8	13,2	13,6	13,8
Volume air tertampung (V) lt	24,75	24,75	24,75	24,75	24,75
Waktu penampungan (t) dt	9,5	7	5,5	4,5	4
Debit pengukuran (Q) lt/dt	2,6053	3,5357	4,5	5,5	6,1875
Froude number di hulu (F1)	0,0958	0,1419	0,1735	0,2039	0,2209
Froude number di ambang (F2)	0,4037	0,6095	0,635	0,7478	0,7833
Froude number di hilir1 (F3)	0,215	0,2857	0,3545	0,4022	0,4314
Froude number di hilir 2 (F4)	0,2062	0,275	0,3101	0,354	0,3896
Froude number di hilir 3 (F5)	0,1901	0,275	0,3101	0,354	0,3896
$h = h_1 - h_5$ cm	5,6	5,7	5,8	5,9	6,2
$H = h_1 -$ tinggi alat cm	7,2	7,7	8,2	8,7	9,2
Koefisien debit pengukuran 1 (Cd1)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Koefisien debit pengukuran 2 (Cd2)	9,8725	9,4357	8,7561	8,0837	7,6760

Cd_1 dianggap = Cd teori = 0,62



Gambar 4.19. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit aliran untuk aliran tenggelam pada ambang V-Notch

4.7.4 Prosedur Penelitian Bendung Mercu Bundar

Alat yang digunakan selama penelitian :

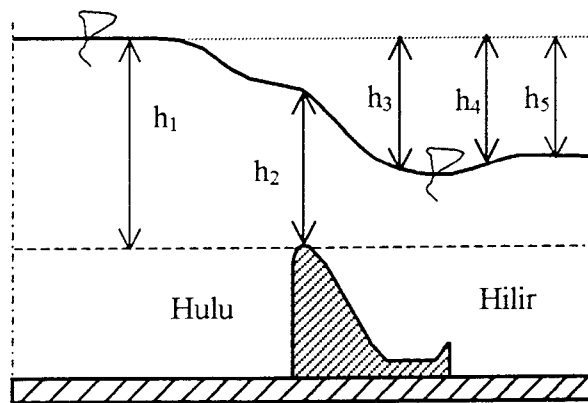
1. Model bendung mercu bundar.
2. "Stop watch"
3. "Point gauge"
4. Penggaris
5. Alat ukur debit (tampungan)
6. "Tilting flume"

7. "Plastisin"

Jalannya Penelitian :

1. Atur saluran dalam keadaan mendatar.
2. Letakkan mercu bendung kedalam dasar saluran di bagian hulu
(43,3 in / 110 cm dari inlet) lalu rapatkan sisi dan dasarnya dengan "plastisin".
3. Tutup keran pipa aliran dari water tower untuk aliran langsung dari pompa.
4. Alirkan air ke dalam saluran hingga melewati puncak ambang lalu pompa dimatikan atau tutup keran untuk aliran dari water tower.
5. Catat tinggi muka air sampai puncak bendung sebagai kedalaman air datum atau cara lain adalah dengan mengukur tinggi alat dari dasar saluran hingga puncak ambang
6. Atur debit aliran ke dalam saluran hingga didapat tinggi tenaga (h_1).
7. Plat pembendungan dinaikkan secara perlahan-lahan hingga terbentuk aliran tenggelam di hilir ambang atau kedalaman air di hilir lebih tinggi dari ambang.
8. Ukur dan catat tinggi tenaga (h_1), tinggi muka air di atas ambang (h_2)
9. Ukur dan catat tinggi muka air di hilir ambang pada aliran tenggelam (h_3 , h_4 dan h_5) dan debit (Q).
10. Prosedur diulang untuk beberapa nilai h_1 dengan interval 5 mm.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar (4.20) yang menunjukkan aliran tenggelam pada bendung mercu bundar.



Gambar 4.20. Aliran tenggelam pada bendung mercu bundar

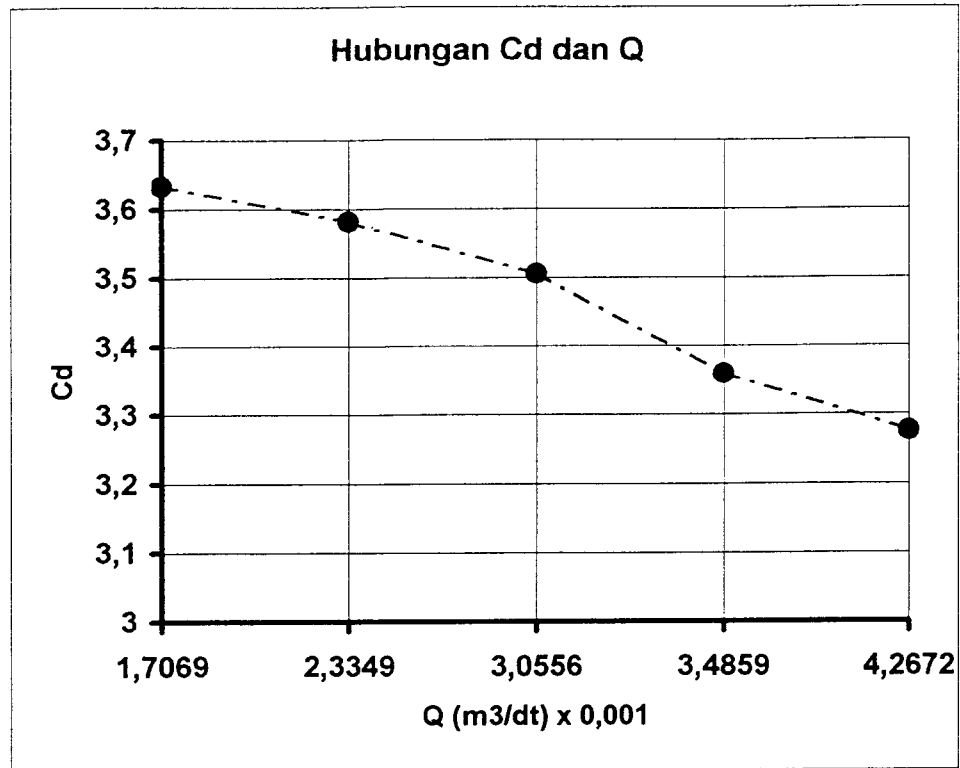
Tabel 4.10. Pengukuran aliran tenggelam pada bendung mercu bundar

NO	TAMPUNGAN		GAUGE					PIEZOMETER				
	VOLUME (Lt) V	WAKTU (dt) t	(cm)					(mm)				
			h1	h2	h3	h4	h5	p1	p2	p3	p4	p5
1	24,75	14,5	19,5	1,5	14,6	17	17,6	196	171	175	173	174
2	24,75	10,6	20	1,9	15,3	17,6	17,9	203	177	180	178	179
3	24,75	8,1	20,5	2,5	15,8	18,1	18,5	208	184	187	185	186
4	24,75	7,1	21	2,8	16	18,8	19	212	187	190	198	199
5	24,75	5,8	21,5	3,1	16,8	19	19,6	217	195	196	194	195

Berjarak 10 cm dari tapping satu tinggi muka air yang ditunjukkan oleh “point gauge” (h_1) sama dengan tekanan air pada “piezometer 1” dan begitu juga di ruas lain dari “tilting flume” itu perbedaannya sekitar 1 – 5 mm. Hal ini dapat terjadi pada saat aliran membawa kotoran kecil, sehingga menaikkan kapilaritas pada pipa “piezometer”.

Tabel 4.11. Olah data bendung mercu bundar

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Tinggi muka air di hulu (h_1) cm	19,5	20	20,5	21	21,5
Tinggi muka air di ambang (h_2) cm	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1
Tinggi muka air di hilir 1 (h_3) cm	14,6	15,3	15,8	16	16,8
Tinggi muka air di hilir 2 (h_4) cm	17	17,6	18,1	18,8	19
Tinggi muka air di hilir 3 (h_5) cm	17,6	17,9	18,5	19	19,6
Volume air tertampung (V) lt	24,75	24,75	24,75	24,75	24,75
Waktu penampungan (t) dt	14,5	10,6	8,1	7,1	5,8
Debit pengukuran (Q) lt/dt	1,7069	2,3349	3,0556	3,4859	4,2672
Froude number di hulu (F1)	0,0633	0,0833	0,1051	0,1157	0,1367
Froude number di ambang (F2)	2,9664	2,8464	2,468	2,3754	2,4961
Froude number di hilir1 (F3)	0,0977	0,1246	0,1553	0,1739	0,1979
Froude number di hilir 2 (F4)	0,0777	0,101	0,1267	0,1365	0,1645
Froude number di hilir 3 (F5)	0,0764	0,0984	0,1226	0,1344	0,157
h = h_2 cm	1,5	1,9	2,2	2,8	3,1
H = h_1 – tinggi alat cm	2	2,5	3	3,5	4
Koefisien debit pengukuran (Cd)	3,6331	3,5817	3,5056	3,3594	3,2758



Gambar 4.21. Hubungan nilai pengukuran koefisien debit terhadap debit aliran untuk aliran tenggelam pada bendung mercu bundar

BAB V

PEMBAHASAN PENELITIAN

5.1 Umum

Setelah melakukan pengambilan data dari percobaan yang telah dilakukan kemudian dilihat hasil-hasil yang akan diperoleh dan dibandingkan dengan hasil-hasil yang telah diperoleh Isbandi dan Heru (aliran bebas). Hubungan antara koefisien debit dan debit aliran pada aliran tenggelam, hubungan antara koefisien debit dan debit aliran pada aliran tenggelam dan aliran bebas serta kesulitan dan kesalahan dalam pengukuran yang menyangkut peralatan dan bagian saluran, akan diuraikan dalam sub bab - sub bab berikut ini.

5.2 Pembahasan Penelitian Ambang Tajam Segi Empat

Model bendung ambang tajam segi empat yang digunakan memiliki panjang ambang sebesar 20 cm dan tinggi sebesar 11 cm. Data pengukuran dan hitungan pada tabel (4.4) dan (4.5). Dari rumus (3.17) diperoleh harga koefisien debit pengukuran dengan metode volume tampungan untuk aliran tenggelam pada ambang tajam, yaitu :

$$V / T = 0,2953 C d_1 h^{3/2} + 0,4429 C d_2 (H - h) \cdot \sqrt{h}$$

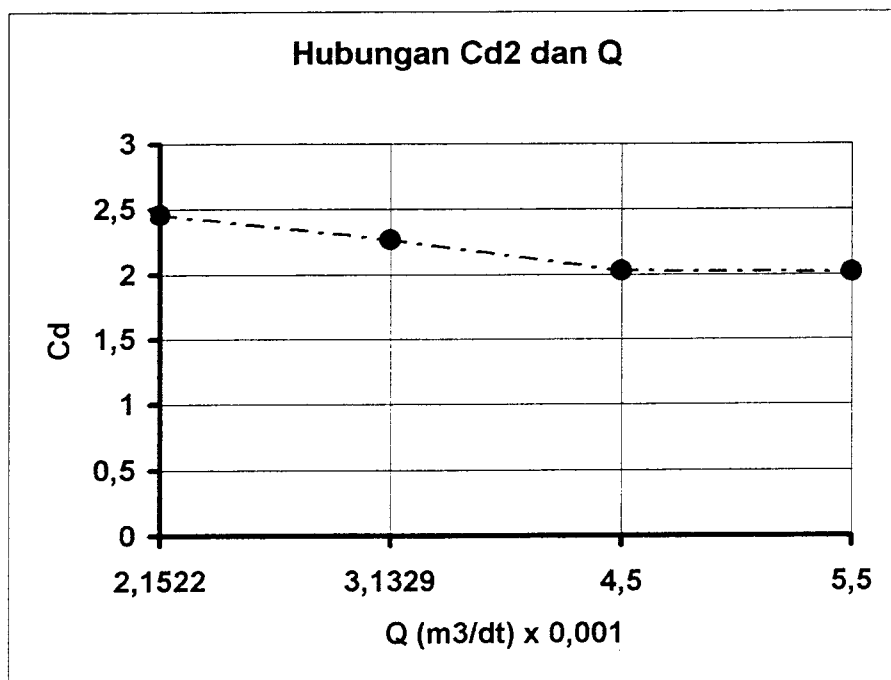
Kemudian Isbandi dan Heru didalam percobaannya untuk aliran bebas pada ambang tajam memperoleh harga koefisien debit, yaitu :

$$C_d = \frac{V}{2,953 B T (h_1)^{1,5}}$$

Dari data-data percobaan yang diperoleh dapat dicari hubungan antara koefisien debit dengan debit aliran pada aliran tenggelam.

Tabel 5.1. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam)

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
$Q \times 0,001$ (m ³ /dt)	2,1522	3,1329	4,5	5,5	7,0714
C_d	2,7613	2,4558	2,2651	2,0266	2,0189

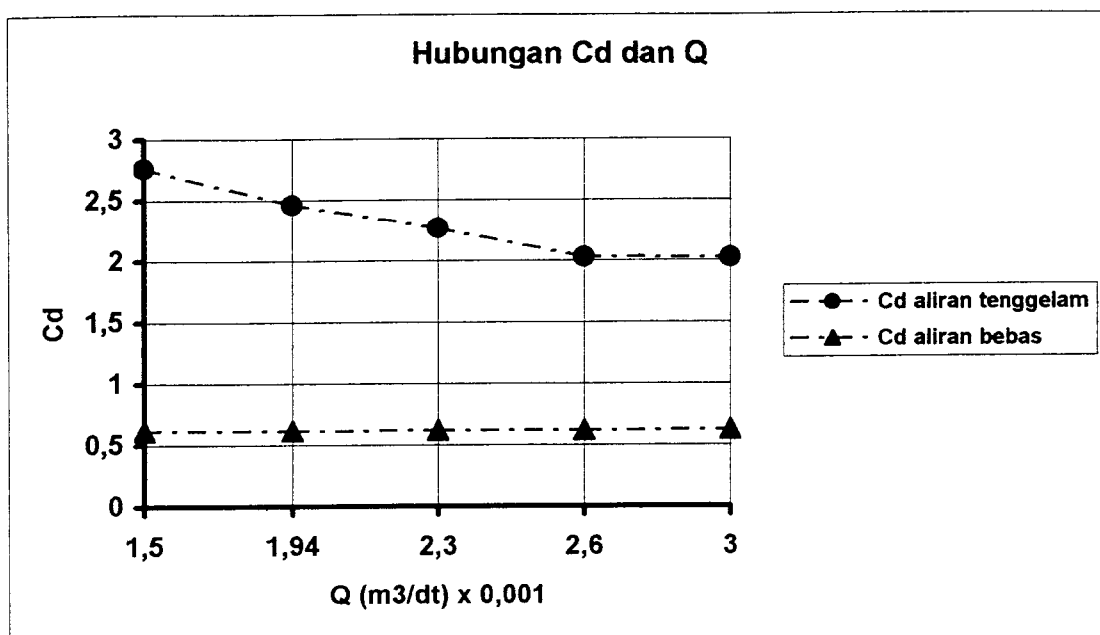


Gambar 5.1. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam) pada ambang tajam

Pada gambar (5.1) menunjukkan bahwa pada debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat disimpulkan bahwa koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran.

Tabel 5.2. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Q x 0,001 (m ³ /dt)	1,5	1,94	2,3	2,6	3
Cd	0,612	0,615	0,619	0,62	0,625

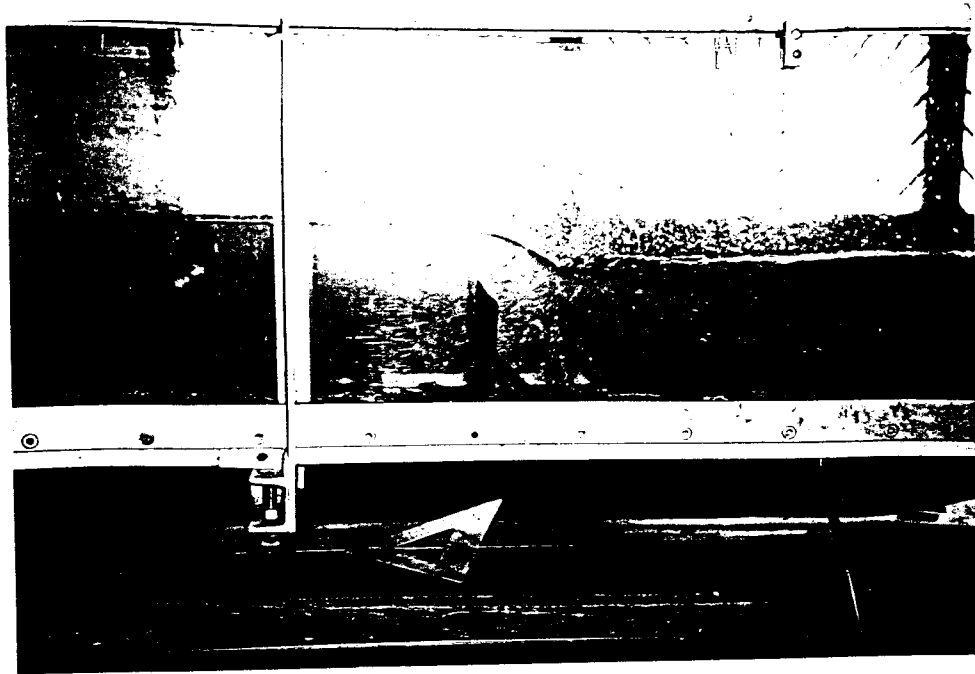


Gambar 5.2. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas)

pada ambang tajam

Pada gambar (5.2) menunjukkan bahwa pada aliran tenggelam jika debit kecil maka koefisien debit besar, sedangkan pada aliran bebas jika debit kecil maka koefisien debit juga kecil. Pada grafik untuk aliran tenggelam terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, sedangkan pada grafik untuk aliran bebas terlihat bahwa tren

garis liniernya menurun, sedangkan pada grafik untuk aliran bebas terlihat bahwa tren garis liniernya menaik (kelihatan naiknya mendatar). Jadi dapat disimpulkan bahwa pada aliran tenggelam koefisien debit aliran berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada aliran bebas koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran.



Gambar 5.3. Aliran tenggelam pada Ambang Tajam Segi Empat

5.3 Pembahasan Penelitian Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan

Ambang lebar adalah bangunan yang mempunyai panjang minimal mampu menghasilkan aliran kritis di atas ambang sehingga terjadi tekanan hidraustatik. Model bendung ambang lebar yang digunakan memiliki panjang ambang sebesar 35 cm dan tinggi sebesar 9,8 cm. Data pengukuran dan hitungan pada tabel (4.6) dan (4.7). Dari rumus (3.19) diperoleh harga koefisien debit pengukuran dengan metode volume tampungan untuk aliran tenggelam pada ambang lebar, yaitu :

$$C_d = \frac{V}{T \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)}}$$

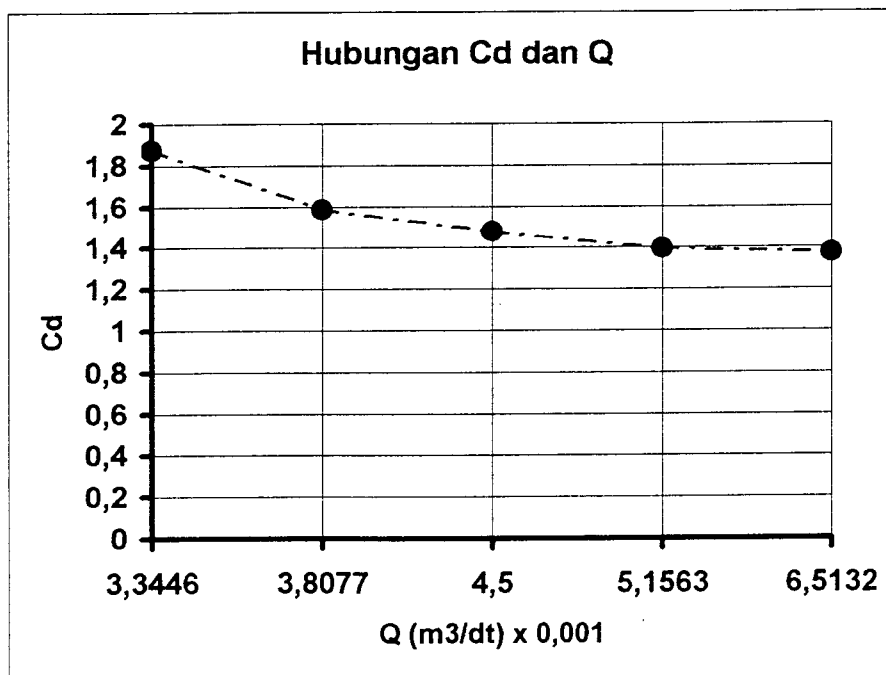
Kemudian Isbandi dan Heru didalam percobaannya untuk aliran bebas pada ambang lebar memperoleh harga koefisien debit, yaitu :

$$C_d = \frac{V}{1,705 B \cdot T (H)^{1,5}}$$

Dari data-data percobaan yang diperoleh dapat dicari hubungan antara koefisien debit dengan debit aliran pada aliran tenggelam.

Tabel 5.3. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam)

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
$Q \times 0,001$ (m ³ /dt)	3,3446	3,8077	4,5	5,1563	6,5132
C_d	1,8746	1,5853	1,4795	1,3944	1,373

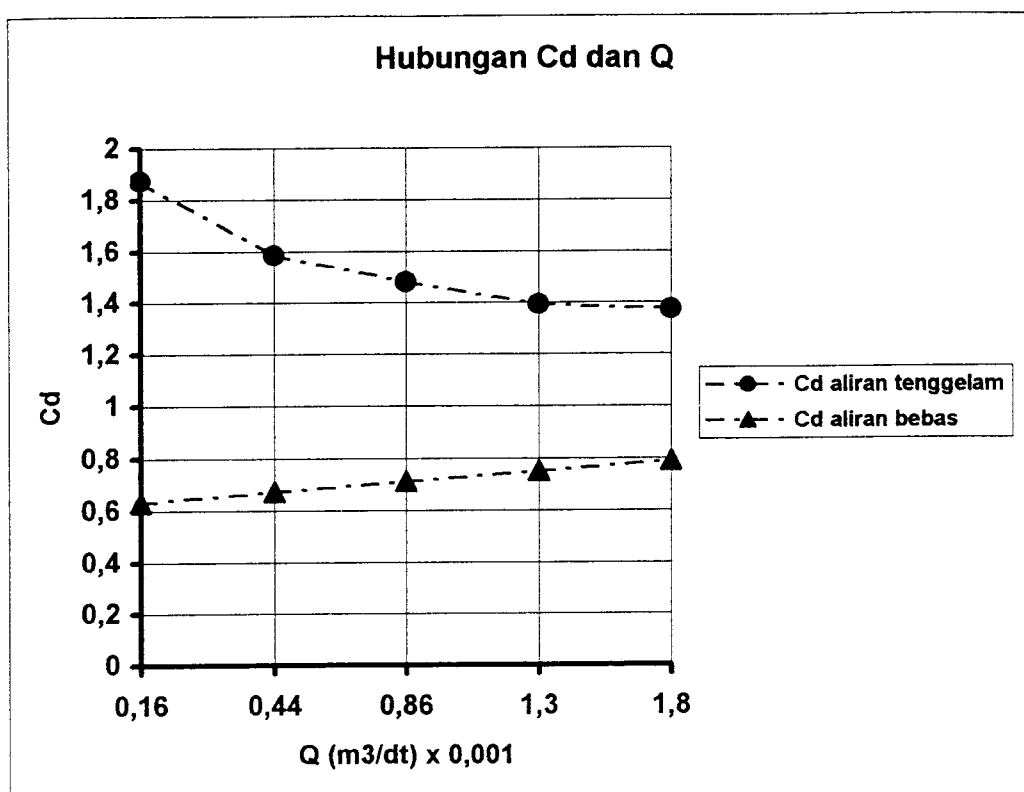


Gambar 5.4. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam) pada ambang lebar

Pada gambar (5.4) menunjukkan bahwa pada debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun. Jadi dapat disimpulkan bahwa koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran.

Tabel 5.4. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)

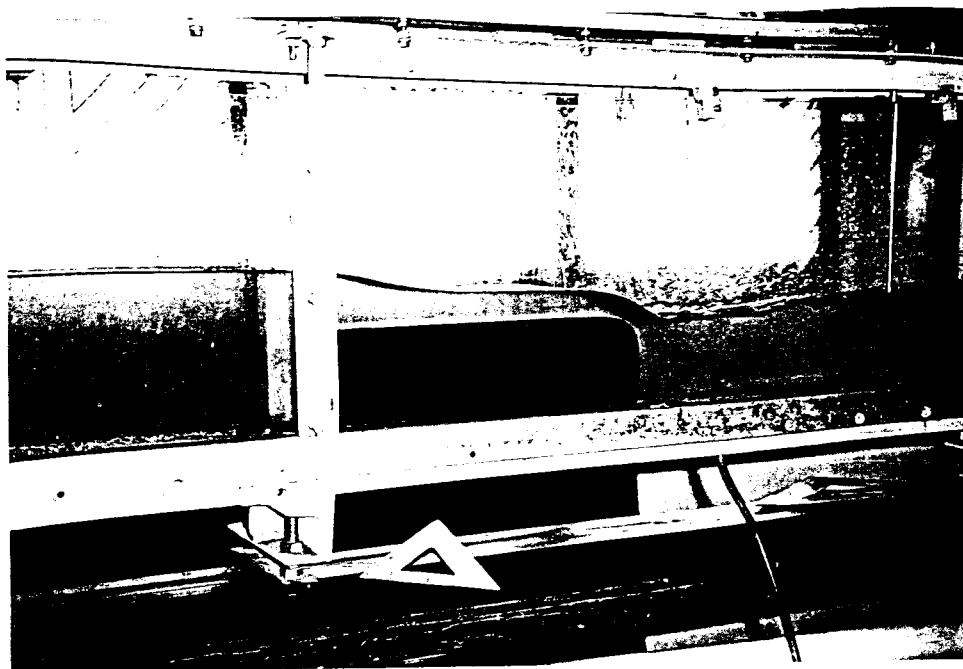
Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Q x 0,001 (m ³ /dt)	0,16	0,44	0,86	1,3	1,8
Cd	0,628	0,67	0,71	0,75	0,79



Gambar 5.5. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas) pada ambang lebar

Pada gambar (5.5) menunjukkan bahwa pada aliran tenggelam jika debit kecil maka koefisien debit besar, sedangkan pada aliran bebas jika debit kecil maka

koefisien debit juga kecil. Pada grafik untuk aliran tenggelam terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, sedangkan pada grafik untuk aliran bebas terlihat bahwa tren garis liniernya menaik. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada aliran tenggelam koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada aliran bebas koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran.



Gambar 5.6. Aliran tenggelam pada Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan

5.4 Pembahasan Penelitian Ambang Tajam Segi Tiga (V – Notch)

Sudut V model ambang tajam segi tiga yang dicobakan pada penelitian ini tidak standar. Sudut V model standar adalah 90° sedangkan model yang dipakai 60° . Data pengukuran dan hitungan pada tabel (4.8) dan (4.9). Dari rumus (3.21) diperoleh harga koefisien debit pengukuran dengan metode volume tampungan untuk aliran tenggelam pada ambang V-Notch, yaitu :

$$V / T = 2,5573 \cdot Cd_1 \cdot (\frac{4}{3} \cdot H \cdot h^{3/2} - \frac{4}{5} \cdot h^{5/2}) + 2,5573 \cdot Cd_2 \cdot (H-h)^2 \cdot \sqrt{h}$$

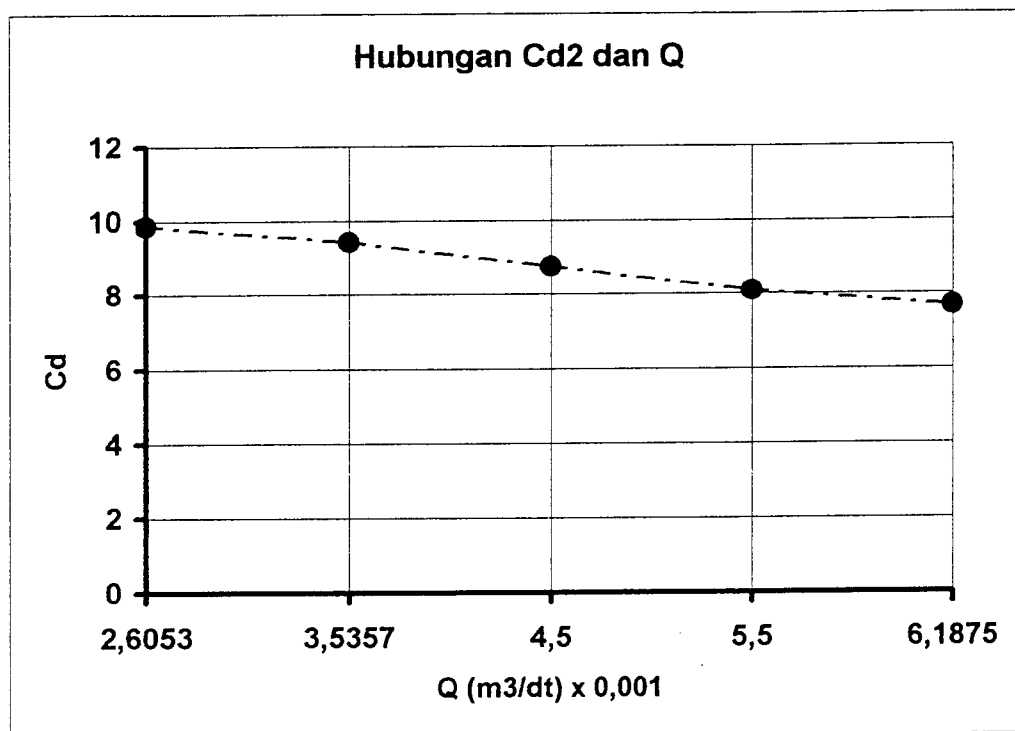
Kemudian Isbandi dan Heru didalam percobaannya untuk aliran bebas pada ambang V-Notch memperoleh harga koefisien debit, yaitu :

$$Cd = V / 3,54 T h^{5/2}$$

Dari data-data percobaan yang diperoleh dapat dicari hubungan antara koefisien debit dengan debit aliran pada aliran tenggelam.

Tabel 5.5. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)

Percobaan ke-	1	2	3	4	5
Q x 0,001 (m ³ /dt)	2,6053	3,5357	4,5	5,5	6,1875
Cd	9,8725	9,4357	8,7561	8,0837	7,6760

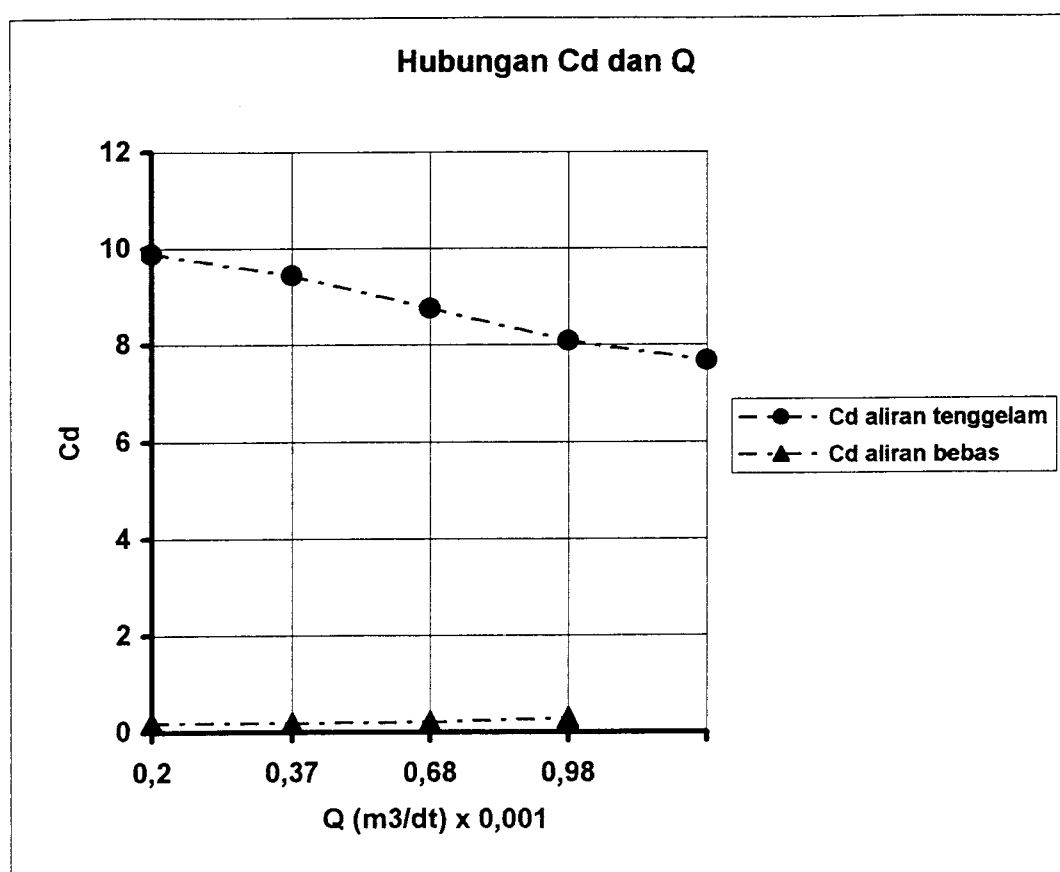


Gambar 5.7. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam) pada ambang V-Notch

Pada gambar (5.7) menunjukkan bahwa pada debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun. Jadi dapat disimpulkan bahwa koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran.

Tabel 5.6. Hubungan Cd dan Q percobaan Isbandi dan Heru (aliran bebas)

Percobaan ke-	1	2	3	4
Q x 0,001 (m ³ /dt)	0,2	0,37	0,68	0,98
Cd	0,1827	0,1889	0,217	0,29



Gambar 5.8. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam dan aliran bebas)
pada ambang V-Notch

Pada gambar (5.8) menunjukkan bahwa pada aliran tenggelam jika debit kecil maka koefisien debit besar, sedangkan pada aliran bebas jika debit kecil maka koefisien debit juga kecil. Pada grafik untuk aliran tenggelam terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, sedangkan pada grafik untuk aliran bebas terlihat bahwa tren garis liniernya menaik (kelihatan naiknya mendatar). Jadi dapat disimpulkan bahwa pada aliran tenggelam koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada aliran bebas koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran.



Gambar 5.9. Aliran tenggelam pada Ambang Tajam Segi Tiga

5.5 Pembahasan Penelitian Bendung Mercu Bundar

Model bendung mercu bundar yang digunakan memiliki panjang ambang sebesar 21,5 cm dan tinggi sebesar 17,5 cm. Data pengukuran dan hitungan pada tabel (4.10)

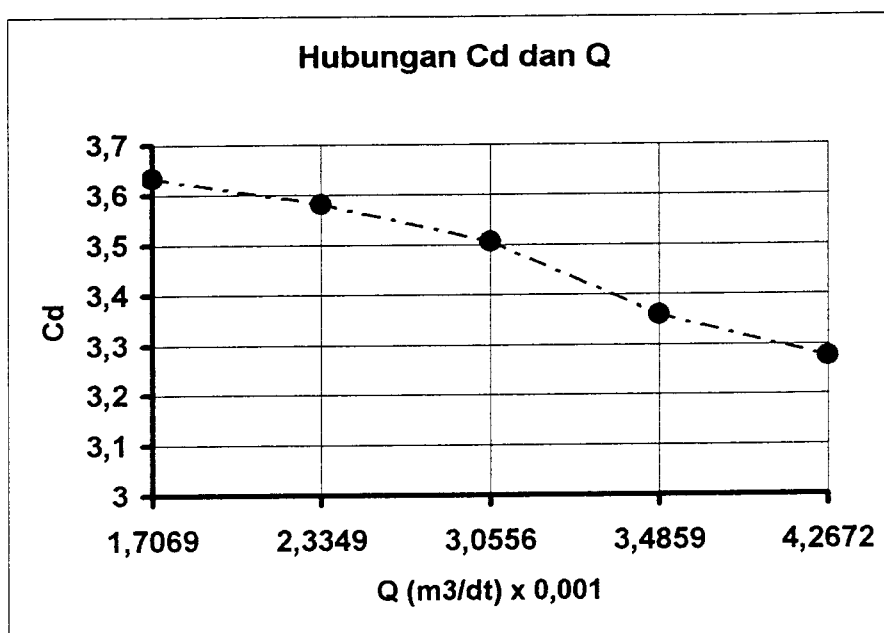
dan (4.11). Dari rumus (3.23) diperoleh harga koefisien debit pengukuran dengan metode volume tampungan untuk aliran tenggelam pada mercu bundar, yaitu :

$$C_d = \frac{V}{T \cdot B \cdot h \cdot \sqrt{2g(H-h)}}$$

Dari data-data percobaan yang diperoleh dapat dicari hubungan antara koefisien debit dengan debit aliran pada aliran tenggelam.

Tabel 5.7. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam)

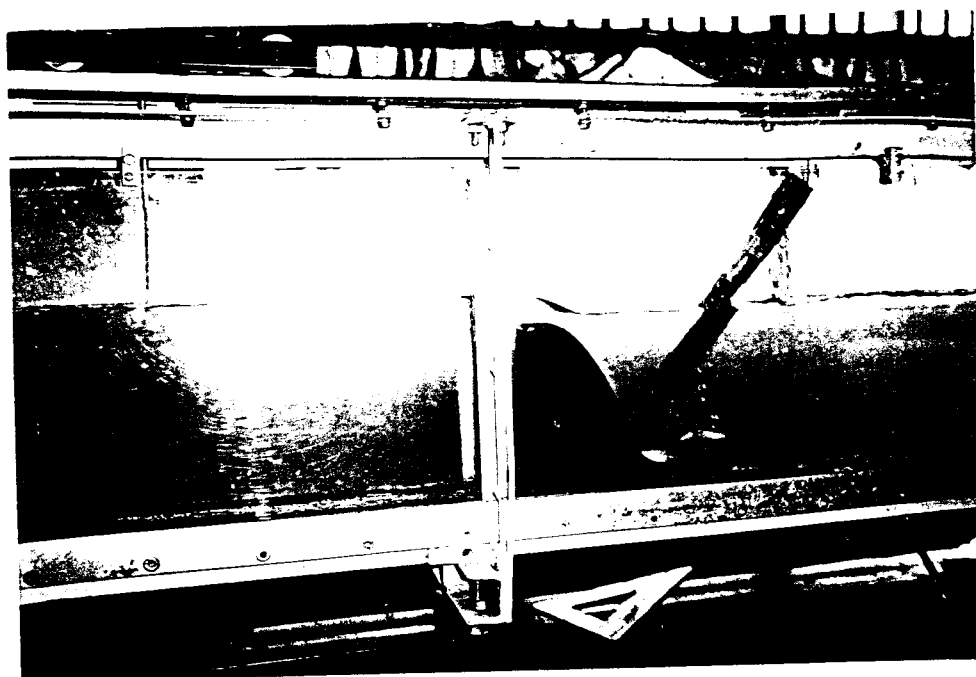
Percobaan ke-	1	2	3	4	5
$Q \times 0,001$ (m ³ /dt)	1,7069	2,3349	3,0556	3,4859	4,2672
C_d	3,6331	3,5817	3,5056	3,3594	3,2758



Gambar 5.10. Hubungan C_d dan Q (aliran tenggelam) pada mercu bundar

Pada gambar (5.10) menunjukkan bahwa pada debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat

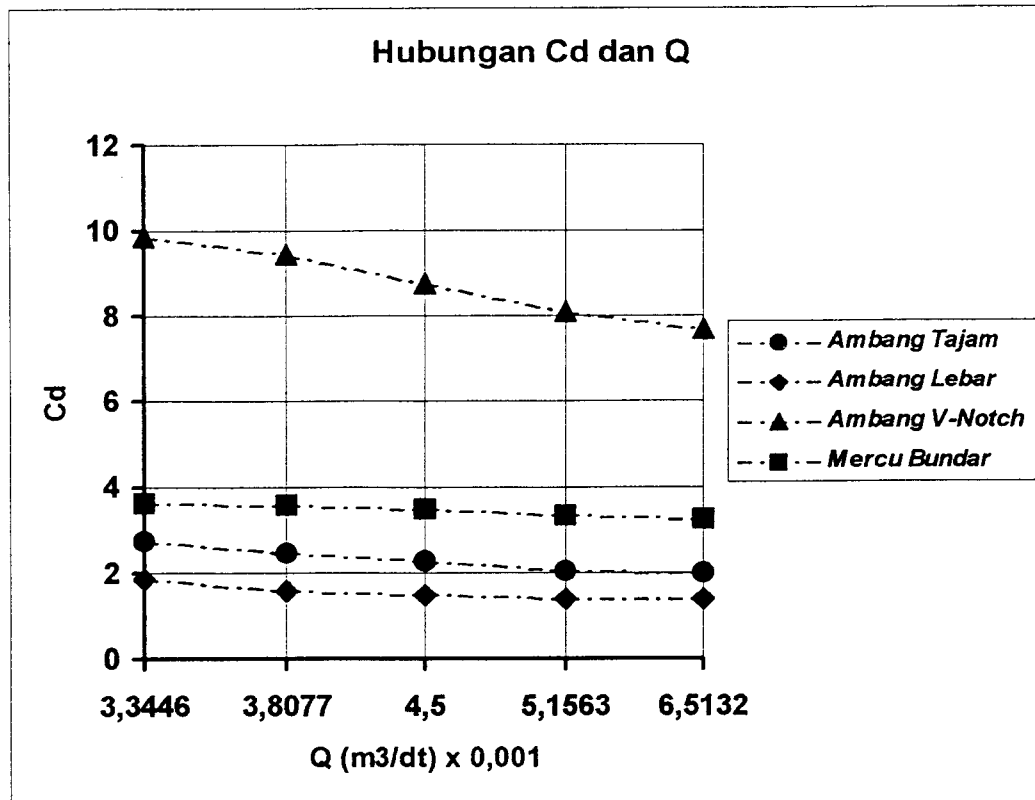
disimpulkan bahwa koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran. Sedangkan jika dilihat dari empat tipe aliran pada penelitian USBR (gambar 2.3) menunjukkan hasil percobaan pada model bendung mercu bundar ini termasuk tipe aliran yang ketiga yaitu aliran dengan loncatan tenggelam. Jadi hasil perhitungan yang didapat hampir mendekati dengan penelitian yang dilakukan oleh USBR.



Gambar 5.11. Aliran tenggelam pada mercu bundar

Tabel 5.8. Hubungan C_d dan Q

Percobaan ke-		1	2	3	4	5
Ambang Tajam Segi Empat	C_d	2,7613	2,4558	2,2651	2,0266	2,0189
	$Q \times 0,001 \text{ m}^3$	2,1522	3,1329	4,5	5,5	7,0714
Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan	C_d	1,8746	1,5853	1,4795	1,3944	1,373
	$Q \times 0,001 \text{ m}^3$	3,3446	3,8077	4,5	5,1563	6,5132
Ambang Tajam Segi Tiga (V-Notch)	C_d	9,8725	9,4357	8,7561	8,0837	7,6760
	$Q \times 0,001 \text{ m}^3$	2,6053	3,5357	4,5	5,5	6,1875
Bendung Mercu Bundar	C_d	3,6331	3,5817	3,5056	3,3594	3,2758
	$Q \times 0,001 \text{ m}^3$	1,7069	2,3349	3,0556	3,4859	4,2672



Gambar 5.12. Hubungan Cd dan Q (aliran tenggelam)
pada keempat model yang diujikan

Pada gambar (5.12) menunjukkan bahwa pada model ambang tajam, jika debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat disimpulkan bahwa pada model ambang tajam koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran. Pada model ambang lebar, jika debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat disimpulkan bahwa pada model ambang lebar koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran.

Pada model ambang V-Notch, jika debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat disimpulkan bahwa pada model ambang V-Notch koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran. Sedangkan pada model mercu bundar, jika debit kecil maka koefisien debit besar dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, jadi dapat disimpulkan bahwa pada model mercu bundar koefisien debit berbanding terbalik dengan debit aliran.

5.6 Kondisi “Tilting Flume”

“Tilting flume” memiliki beberapa komponen yang merupakan satu kesatuan dalam pengoperasiannya. Selain komponen yang disebutkan di atas, yang selalu digunakan untuk penelitian, kesalahan-kesalahan yang ditimbulkan akan mempengaruhi hasil pengukuran. Adapun komponen-komponen tersebut adalah sebagai berikut :

5.6.1 Pompa

Penggunaan sistem supplay air yaitu dengan menggunakan pompa cukup menimbulkan kerepotan tersendiri. Saluran yang sangat bersih sangat membantu selama dalam proses penelitian. Kecukupan air pada bak sumber menjaga pengaliran stabil dan memudahkan pengamatan pada saluran.

Selama penelitian, pompa tidak mengalami kerusakan, namun pada masa pengoperasian menunjukkan ketidakstabilan pompa, terutama pada saat pengambilan data yang keempat pada masing-masing model ambang. Pada kondisi aliran tertentu

permukaan air sering mengalami perubahan naik turun (fluktuasi). Penyebab dari fluktuasi aliran air adalah sebagai berikut :

1. Fluktuasi tegangan listrik. Terlihat pada jarum penunjuk “stabilizer” yang sering berubah-ubah, dan
2. Bergelombangnya aliran air dari tangki penampungan terutama pada debit besar.

5.6.2 Saluran “Tilting Flume”

Sebelum pengaliran air pada saluran dilakukan, terlebih dahulu diperiksa dan dibuat kemiringan saluran datar. Hal ini perlu dilakukan untuk memastikan bahwa saluran berada dalam keadaan datar yang merupakan batasan dalam penelitian.

Pengecekan terhadap kemiringan dasar saluran tiap ruas menunjukkan bahwa dasar saluran “tilting flume” tidak rata, terutama pada ruas kedua dari hulu saluran terdapat cekungan sedalam 3 mm. Ini dapat dilihat dari perbedaan ketinggian muka air selang hulu dan selang hilir.

Lebar saluran terutama pada ruas dua dan tiga lebih dari 10 cm, kelebihanannya sekitar 0,5 cm. Kemungkinan sebabnya adalah ruas kedua dari hulu selalu menjadi tempat peletakan model hidrolis.

Kebersihan dasar maupun dinding saluran sangat membantu dalam melakukan penelitian model terutama pada ruas yang rawan kotor yaitu ruas dua di mana “plastisin” sering digunakan sebagai bahan pencegah rembesan air.

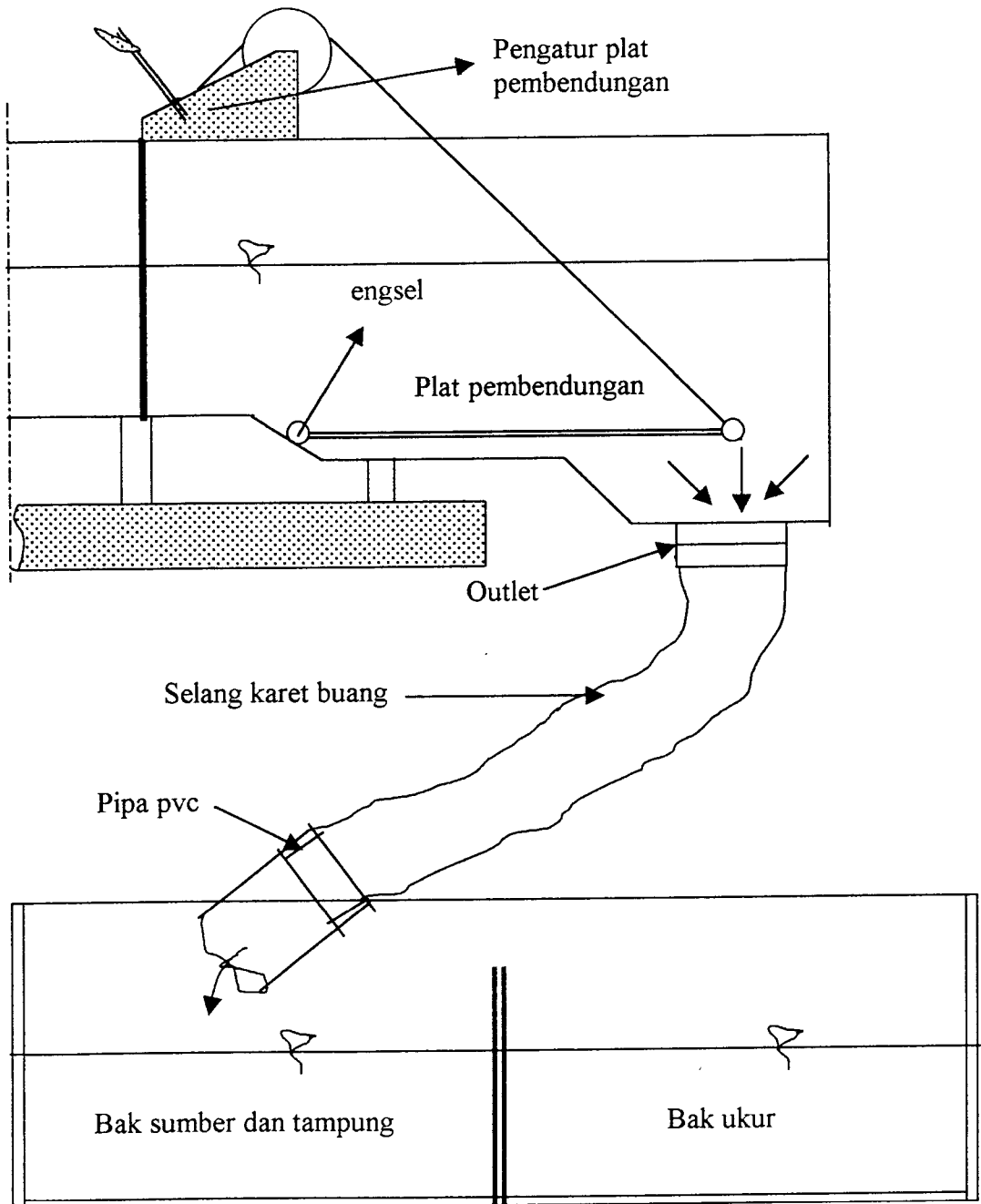
5.6.3 Sistem “Outlet”

Pada ujung hilir dari “tilting flume” terdapat lubang keluaran (“outlet”) saluran. Diameter lubang keluaran ini adalah pipa peralon berdiameter 4 inchi. Namun air yang akan keluar melalui “outlet ini terhambat plat pembendungan. Dari ujung plat pembendungan ke dinding akhir saluran hanya menyisakan ruang sepanjang 3 cm. Akibat dari keadaan ini adalah pembendungan air sehingga aliran yang terjadi adalah aliran tenggelam. Jadi komponen sistem “outlet” antara lain :

1. Pelat pembendungan.
2. Lubang pengeluaran.
3. Saluran pengeluaran yang berupa pipa peralon dan ban karet.

Kehilangan tenaga dapat terjadi pada aliran setelah melewati plat pembendungan karena permukaannya yang kasar. Kemudian terjadi “stagnasi” aliran pada saat memasuki lubang pengeluaran.

Dengan adanya kehilangan tenaga pada saluran pengeluaran dari karet ban bekas yang memiliki penampang akan selalu berubah-ubah. Pada debit kecil, penampang karet tersebut mengempis dan tidak rata, sedangkan pada debit besar akan bergelombang. Dari kondisi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa akibat terjadinya kehilangan tenaga, maka menyebabkan perbedaan debit aliran pada saluran dan debit pada saat pengukuran sehingga mempengaruhi nilai pengukuran koefisien debit seperti pada gambar (5.13).

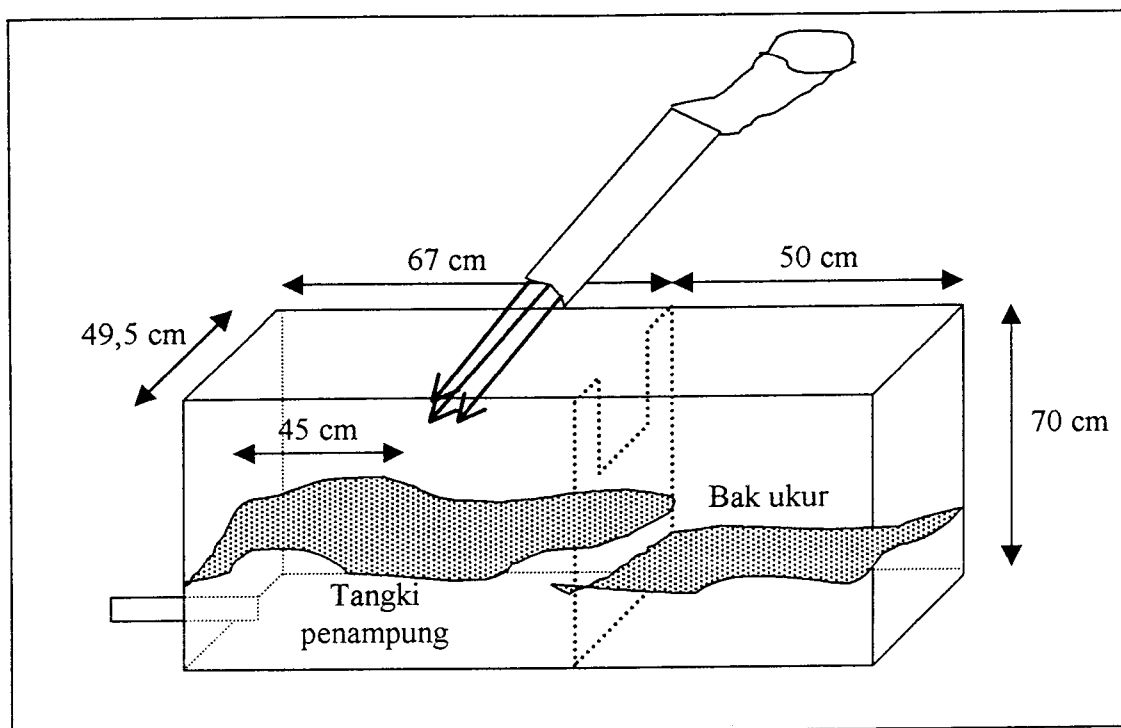


Gambar 5.13. Bagian pembuangan (outlet) “tilting flume” dengan plat pembendungan dan bak penampungan

5.6.4 Tangki Penampungan

Akibat dari pembagian tangki penampungan yang sebagian sebagai penampungan dan bagian lain sebagai pengukuran debit akan menimbulkan gangguan yang berarti pada aliran yang berakibat berpengaruh pada pengukuran debit aliran.

Gangguan pada aliran disebabkan oleh pendeknya jarak limpasan air dari sistem outlet ke pipa pengambilan yang menuju ke pompa. Akibatnya olakan-olakan yang terjadi pada tangki penampungan tidak terendam sehingga mengakibatkan fluktuasi aliran pada “tilting flume”. Seperti ditunjukkan pada gambar (5.14).



Gambar 5.14. Jarak jatuh limpasan air menuju pompa

Gangguan berikutnya adalah pada saat pipa pengeluaran diarahkan ke bagian pengukuran debit, maka terdapat pengurangan volume tampungan. Hal ini mengakibatkan penurunan air pada “tilting flume” sebesar ± 1 mm setiap kali pengukuran.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa data-data yang diperoleh dari pengukuran di laboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia didapatkan kesimpulan bahwa :

1. Pada aliran tenggelam, koefisien debit aliran melalui ambang tajam berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, sedangkan pada aliran bebas, koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menaik.(lihat gambar 5.2).
2. Pada aliran tenggelam, koefisien debit aliran melalui ambang lebar berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun, sedangkan untuk aliran bebas, koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menaik.(lihat gambar 5.5).
3. Pada aliran tenggelam, koefisien debit aliran melalui ambang V-Notch berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis

liniernya menurun, sedangkan untuk aliran bebas, koefisien debit berbanding lurus dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menaik.(lihat gambar 5.8).

4. Pada aliran tenggelam, koefisien debit aliran melalui bendung mercu bundar berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.(lihat gambar 5.10)
5. Pada aliran tenggelam, koefisien debit aliran melalui keempat model yang diujikan berbanding terbalik dengan debit aliran dan pada grafik terlihat bahwa tren garis liniernya menurun.(lihat gambar 5.12)

6.2 Saran

Berdasarkan kesulitan yang terjadi pada saat penelitian maka penulis mengajukan saran sebagai berikut :

1. Tingkat ketelitian alat ukur debit dengan volume tampungan cukup memadai tetapi dalam penelitian masih harus lebih teliti didalam pembacaan angka karena pengaruh-pengaruh fluktuasi aliran dalam bak menyebabkan nilai yang didapat kurang akurat, maka disarankan untuk merubah bentuk volume tampungan air dan sistem “outlet” yang dipakai, dengan memperpanjang bak penampungan sehingga pada “inlet” pompa air sudah tenang.
2. Hendaknya dilakukan kajian ulang atau penelitian tentang pengukuran koefisien debit pada aliran tenggelam dengan model-model alat ukur debit yang lain dengan

menggunakan alat ukur debit standar, sehingga akan mendapatkan hubungan koefisien debit dengan debit aliran dengan hasil yang lebih akurat.

3. Untuk menarik minat mahasiswa dalam mempelajari dan memahami masalah Hidrolika hendaknya sarana dan prasarana yang ada di laboratorium Hidrolika FTSP-UII ditambah dan dilengkapi dengan fasilitas yang lebih lengkap.

PENUTUP

Telah selesai penelitian tentang studi aliran tenggelam pada beberapa bangunan air yaitu pada model Ambang Tajam Segi Empat, Ambang Lebar dengan Pangkal Dibulatkan, Ambang Tajam Segi Tiga (V – Notch) dan Bendung Mercuri Bundar. Besar harapan agar hasil penelitian ini dapat dipakai khususnya bagi laboratorium Hidrolika FTSP UII dan rekan-rekan mahasiswa yang tertarik dengan Hidrolika Saluran Terbuka khususnya pada aliran tenggelam (“submerged flow”).

Penyusun

DAFTAR PUSTAKA

- _____, 1988, **DISCHARGE FLOW MEASUREMENT**, Working Group of Hydraulic Structure, Delft.
- Ackers, Peter, 1980, **WEIR AND FLUMES FOR MEASUREMENT**, John Wiley & Sons, Ltd, New York.
- Budi Wignyosukarto, 1991, **HIDROLIKA SALURAN TERBUKA**, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Chow, Van Te, 1985, **HIDROLIKA SALURAN TERBUKA (Terjemahan)**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Anonimus, 1996, **PANDUAN PRAKTIKUM**, Laboratorium Hidrolika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Djoko Legono dan Nizam, 1988, **HIDROLIKA EKSPERIMEN**, PAU Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Rangga Raju, KG, 1996, **ALIRAN MELALUI SALURAN TERBUKA (Terjemahan)**, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Henderson, F.M., 1966, **OPEN CHANNEL FLOW**, Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- Khurmi, R.S., 1981, **A TEXT BOOK OF HYDRAULICS**, S.Chand & Company Ltd, Ram Nagar, New Delhi.

Sabka Adiantara, 1989, **STUDI PENGOPERASIAN BEBERAPA MODEL BANGUNAN AIR PADA TILTING FLUME**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, FT UGM, Yogyakarta.

Hermawan Isbandi dan Ghulam Heru Subiyantoro, 1997, **KAJIAN KOEFISIEN DEBIT PADA ALAT UKUR DEBIT (Penelitian Laboratorium)**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Budi Irawan, 2000, **TELAAH PERBANDINGAN TILTING FLUME DALAM PENGOPERASIAN BEBERAPA MODEL BANGUNAN AIR**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

L A M P I R A N

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

NO.	N A M A	NO. MHS.	BID.STUDI
1	Duddy Syafaruddin	97 511 002	Hidro
2			

JUDUL TUGAS AKHIR :

.....
Studi Aliran Tenggelam

**PERIODE II : DESEMBER - MEI
 TAHUN : 2001/2002**

No.	Kegiatan	Bulan Ke :					
		Des.	Jan.	Peb.	Mar.	Apr.	Mei.
1.	Pendaftaran	■					
2.	Penentuan Dosen Pembimbing	■					
3.	Pembuatan Proposal		■				
4.	Seminar Proposal		■	■			
5.	Konsultasi Penyusunan TA.		■	■	■		
6.	Sidang-Sidang					■	■
7.	Pendadaran.						■

DOSEN PEMBIMBING I
 DOSEN PEMBIMBING II

.....
Ir. Lalu Makrup, MT.
Ir. Harbi Hadi, MT.

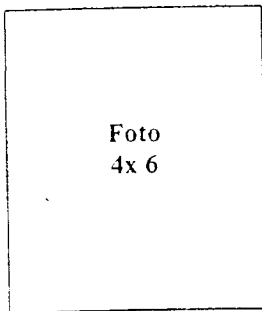


Foto
 4x 6



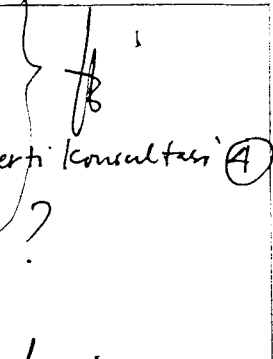
Yogyakarta, 10 Januari 2002
 a.n. Dekan,

(Signature)
Ir. H. Munadhir, MS.

Catatan.

Seminar :
 Sidang :
 Pendadaran :

CATATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

NO	TANGGAL	CATATAN KONSULTASI	TANDA TANGAN
5	24 05 02	<ul style="list-style-type: none"> - Buat Intisari / abstrak. - Pada bahasan: buat bandingan CD dengan aliran tidak tergelau - lihat missing-missing lembar seperti konsultasi 4 telah → perbaiki - Mana variable yg berpengaruh? sesuai dengan tujuan penelitian! 	
6	11-6-2007	<p>- Dapat di lampirkan Og Sidaq</p>	