

TUGAS AKHIR

**KAJIAN DEBIT ALIRAN PADA *FLUME* BESAR
LABORATORIUM HIDROLIKA JURUSAN TEKNIK
SIPIL UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
(*STUDY DISCHARGE FLOW OF LARGE FLUME OF
HYDRAULIC LABORATORY OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF ISLAMIC UNIVERSITY OF
INDONESIA*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Ikbar Dliaul Haq
17511143**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

KAJIAN DEBIT ALIRAN PADA *FLUME* BESAR LABORATORIUM HIDROLIKA JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA (*STUDY DISCHARGE FLOW OF LARGE FLUME OF HYDRAULIC LABORATORY OF CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT OF ISLAMIC UNIVERSITY OF INDONESIA*)

Disusum oleh

Ikbar Dliaul Haq
17511143

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 165110105

Penguji I

Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng.
NIK: 135111102

Penguji II

D. A. Wahyu Wulan P., S.T., M.T.
NIK: 155111301

Mengesahkan,



Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 25 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,



Ikbar Dhaul Haq
(17511143)

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Atas kelancaran selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan motivasi serta bantuan dalam penyelesaian proposal ini:

1. Bapak Ir. Mohamad Muksin selaku ayahanda dan Ibu Nanik Nur Cholifah selaku ibunda penulis yang telah banyak berkorban, memberikan kasih sayang, serta dukungan baik moral maupun materiel.
2. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, pembelajaran, nasihat, dan motivasi yang diberikan kepada penulis selama proses menyusun Tugas Akhir ini sehingga penulis termotivasi untuk terus menjadi lebih baik.
3. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji I Tugas akhir yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik, serta memberikan nasihan kepada penulis.
4. Ibu D. A. Wahyu Wulan P., S.T., M.Eng., selaku dosen Penguji II Tugas Akhir yang telah memberikan masukan dan koreksi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik, serta memberikan nasihat dan motivasi kepada penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan bantuan selama proses kuliah dan motivasi kepada penulis.
6. Bapak Ir. Suharyatma, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama perkuliahan sehingga penulis dapat menjalankan perkuliahan dengan lancar.
7. Arief El Hakam Tazka, S.T., selaku Laboran Lab. Hidrolika Teknik Sipil UII, Dimas Briantono Hakim, dan Ichsan Amal Huda yang telah meluangkan

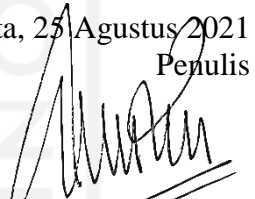
waktu untuk membantu penelitian di laboratorium, sehingga penelitian dapat berlangsung lancar.

8. Semua pihak dan juga teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2017 yang telah memberikan *support* hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun dan bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 25 Agustus 2021

Penulis



Ikbar Dhaul Haq
17511143

الجمعة الإسلامية الأندلسية

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian pada <i>Flume</i>	5
2.1.1 Kajian Hubungan Antara Debit Berubah dengan Tinggi Muka Air dan Kecepatan Aliran.	5
2.1.2 Uji Kinerja Flume 10 cm x 20 cm x 400 cm melalui Pintu Air Sisi Tegak/ <i>Vertical, Parshall Flume, Ambang Lebar Ujung Tumpul (Drempell)</i> dan Ambang Tajam/Tipis.....	6
2.1.3 Studi Karakteristik Aliran Pada Flume Saluran Terbuka di Laboratorium Teknik Sipil UIKA.....	6
2.1.4 Rancang Bangun <i>Prototipe</i> Saluran Irigasi Skala Laboratorium.	7
2.2 Penelitian Menggunakan <i>Flume</i> Besar Lab. Hidrolika JTS-UII.....	8

2.2.1 Perbandingan Koefisien Debit Dengan Lembar Saluran Berbeda Menggunakan Uji Fisik Peluap Persegi Panjang dan V-Notch.....	8
2.2.2 Studi Pengaruh Konfigurasi Baffle Blocks Terhadap Peredaman Energi pada Konstruksi Bendung.	9
2.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	10
2.4 Keaslian Penelitian	18
BAB III LANDASAN TEORI.....	19
3.1 Debit.....	19
3.2 Pengukuran Kecepatan Aliran	20
3.3 Persamaan Kontinuitas	23
3.4 Persamaan <i>Bernoulli</i>	24
3.5 Bilangan Froude.....	27
3.6 Standar Deviasi	28
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Jenis Penelitian	29
4.2 Cara Pengumpulan Data	29
4.2.1 Subjek Penelitian.....	29
4.2.2 Objek Penelitian	29
4.2.3 Data Penelitian dan Variabel yang Digunakan.....	30
4.2.4 Lokasi Penelitian	31
4.3 Peralatan dan Bahan.....	31
4.4 Metode Pengambilan Data.....	33
4.5 Metode Analisis Data.....	34
4.6 Bagan Alir.....	35
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Data Penelitian	37
5.2 Analisis Data.....	46
5.2.1 Analisis Debit Aliran dengan <i>Current Meter</i>	46
5.2.2 Analisis Debit Aliran dengan Pelampung	51
5.2.3 Analisis Debit Aliran dengan Kolam Penampungan (<i>Volumetric</i>).....	55
5.2.4 Rekapitulasi Perhitungan.....	59

5.3 Pembahasan	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	84
6.1 Kesimpulan	84
6.2 Saran	84
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	11
Tabel 4.1 Perhitungan <i>slope</i> Hulu	31
Tabel 5.1 Data Kecepatan Aliran Dengan <i>Current Meter</i>	38
Tabel 5.2 Data Waktu Tempuh Pelampung.....	41
Tabel 5.3 Data Waktu Penampungan	44
Tabel 5.4 Data Kedalaman Aliran Pada Flume	45
Tabel 5.5 Kecepatan Aliran <i>Current Meter</i>	48
Tabel 5.6 Debit Aliran <i>Current Meter</i>	49
Tabel 5.7 Bilangan Froude <i>Current Meter</i>	51
Tabel 5.8 Kecepatan Aliran Pelampung.....	52
Tabel 5.9 Debit Aliran Pelampung.....	53
Tabel 5.10 Bilangan Froude Pelampung.....	55
Tabel 5.11 Debit Aliran <i>Volumetric</i>	56
Tabel 5.12 Kecepatan Aliran <i>Volumetric</i>	57
Tabel 5.13 Bilangan Froude <i>Volumetric</i>	58
Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran	59
Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran	66
Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude.....	74
Tabel 5.17 Kecepatan Aliran Rata-Rata.....	79
Tabel 5.18 Debit Aliran Rata-Rata.....	80
Tabel 5.19 Bilangan Froude Rata-Rata.....	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kecepatan Aliran Melalui Saluran Terbuka.....	19
Gambar 3.2 Pengukuran Kecepatan Dengan Pelampung	21
Gambar 3.3 Tipe Pelampung.....	22
Gambar 3.4 Tabung Aliran Untuk Menurunkan Persamaan Kontinuitas	23
Gambar 3.5 Persamaan Energi Untuk Saluran Terbuka	26
Gambar 4.1 Kemiringan Saluran.....	31
Gambar 4.2 Flume Besar Lab. Hidro JTS-UII.....	32
Gambar 4.3 <i>Current Meter</i>	32
Gambar 4.4 <i>Streamflow Velocity</i>	32
Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian	36
Gambar 5.1 <i>Streamflow Probe Calibration Chart</i>	47
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran	79
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Debit Aliran	80
Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Bilangan Froude.....	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Saat Pengujian	88
--	----



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q	= Debit aliran (m ³ /detik)
A	= Luas penampang aliran (m ²)
V	= Kecepatan aliran (m/detik)
v	= Volume (m ³)
p	= Panjang kolam penampungan (m)
l	= Lebar kolam penampungan (m)
h	= Tinggi muka air yang diamati (m)
L	= Jarak pelampungan (m)
T	= Waktu penampungan (detik)
t	= Waktu pelampungan (detik)
V_1dA_1	= Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu
V_2dA_2	= Volume zat cair yang keluar dari tampang 2 tiap satuan waktu
F	= Gaya tekanan
ρ	= Massa jenis air (kg/m ³)
g	= Gaya gravitasi (m/detik ²)
α	= sudut kemiringan
<i>i</i>	= Slope
z	= Elevasi
H	= Tinggi tekanan
Fr	= Bilangan froude
D	= Kedalaman aliran (m)
\sqrt{gD}	= Cepat rambat gelombang
SD	= Standar deviasi
N	= Jumlah data
x_i	= Data ke-i
\bar{x}	= Rata – rata sampel

ABSTRAK

Flume adalah konstruksi saluran terbuka buatan yang menampung air dalam jumlah yang diinginkan dan digunakan sebagai sarana pengamatan, pengukuran, maupun pengujian yang dilengkapi dengan arus air dan kemiringan yang dapat diatur sesuai kebutuhan. Saat melakukan penelitian menggunakan *flume*, debit merupakan salah satu informasi penting sebagai hasil dari pengamatan langsung di lapangan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perkiraan nilai debit dari tiap variasi putaran kran, mencari debit maksimal yang dapat digunakan sebagai penelitian, dan mengetahui variabel *flume* yang menghasilkan kondisi aliran subkritis.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat *flume* besar. Digunakan tiga cara pengukuran debit yaitu dengan *current meter*, pelampung, dan kolam penampungan (*volumetric*). Variasi kemiringan hulu saluran yang digunakan yaitu 0,0000; 0,1763; 0,2679; dan 0,3640 sedangkan variasi putaran kran dari posisi siap mengalirkan air yaitu; 1, 2, 3, dan 4 putaran. Analisis dari penelitian ini berupa perhitungan kecepatan, debit, dan bilangan froude dari ketiga metode yang digunakan.

Dari penelitian didapatkan hasil debit dari tiap variasi putaran dan *slope* hulu. Debit maksimal sebesar 0,03668 m³/detik dengan alat *current meter*; 0,03870 m³/detik dengan cara *volumetric*. Agar aliran yang dihasilkan dalam kondisi subkritis *flume* dapat diatur dengan kondisi; *slope* hulu 0 dan jumlah putaran kran 1 – 4 atau *slope* hulu 0 - 0,364 dan 1 putaran kran, dengan alat ukur *current meter* dan *volumetric*; dapat juga dengan *slope* hulu 0 dan 2 putaran kran, dengan alat ukur *current meter*.

Kata kunci: Flume, Saluran terbuka, Debit aliran

ABSTRACT

Flume is an artificial open channel construction that holds the desired amount of water and is used as a means of observation, measurement, and testing equipped with water stream and slopes that can be adjusted as needed. When conducting research using flume, discharge is one of the important information as a result of direct observations in the field. The study was conducted to determine the estimated discharge value from each variation of the faucet rotation, to find the maximum discharge that can be used as research, and to determine the flume variable that produces subcritical flow conditions.

The research conducted at the Hydraulics Laboratory of the Civil Engineering Department, Islamic University of Indonesia using a large flume. Three procedures of discharge measurement are used, such as the current meter, float, and reservoir pool (volumetric). Upstream channel slope variations used are 0,0000; 0,1763; 0,2679; and 0,3640 while the variation in the faucet rotation from the ready position to drain water are; 1, 2, 3, and 4 rotation. The analysis from this research is calculating the velocity, discharge, and froude number of the three procedures used.

From the research, the discharge results from each variation of rotation and upstream slope. Maximum discharge is 0.03668 m³/second with a current meter; 0.03870 m³/sec by volumetric instrument. In order to the flow produced in subcritical flume conditions can be adjusted with upstream slope 0 and the number of faucet turns 1 - 4 or upstream slope 0 - 0.364 and 1 faucet rotation, with current meter and volumetric measuring instruments; it can also be with an upstream slope of 0 and 2 turns of the faucet, with a current meter measuring instrument.

Keywords: *Flume, Slope channel, Discharge stream*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Triatmodjo (1993), hidraulika merupakan cabang dari ilmu teknik yang mempelajari perilaku air baik dalam keadaan diam maupun bergerak. Hidraulika dibagi menjadi dua bidang yaitu hidrostatis yang mempelajari zat cair dalam keadaan diam, dan hidrodinamika yang mempelajari zat cair bergerak. Hidrodinamika juga mempelajari tentang zat cair ideal yang berarti tidak mempunyai kekentalan serta tidak termampatkan. Zat cair ideal diperlukan untuk mempermudah analisis perilaku gerak zat cair, namun di dalam keadaan sesungguhnya zat cair ideal tidak ada, karena aliran sesungguhnya mempunyai kekentalan dan pemampatan akibat pertambahan tekanan yang nilainya beragam.

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas sehingga tekanan dipermukaan air sama, biasanya berasal dari tekanan atmosfer. Aliran yang melalui saluran terbuka sering diklasifikasikan seragam (*uniform*) apabila variabel-variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan, dan debit setiap tampang bersifat sama atau konstan. Saluran terbuka dibedakan menjadi saluran alam (*natural*) dan saluran buatan (*artificial*). Saluran buatan merupakan saluran yang dibuat manusia sebagai sarana untuk sumberdaya air seperti saluran irigasi dan selokan. Namun adapula saluran yang dibuat sebagai sarana penelitian, pengamatan, maupun pembelajaran seperti halnya *flume* besar yang berada di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia yang digunakan untuk penelitian mengenai tingkah laku air.

Flume merupakan sebuah alat konstruksi saluran terbuka buatan yang menampung air dalam jumlah yang diinginkan dan digunakan sebagai pengamatan, pengukuran ataupun pengujian yang dilengkapi dengan arus air yang dapat dikontrol debitnya serta kemiringan saluran dapat diatur sesuai kebutuhan. Menurut Anggrahini (2005) talang atau *flume* merupakan istilah yang diberikan pada saluran yang dibuat di atas tanah untuk membawa aliran melintasi suatu perbedaan tinggi

tekanan. Istilah flume juga berlaku untuk saluran-saluran laboratorium yang dibuat untuk keperluan penelitian. Febrianto dan Makrup (2018) dalam penelitiannya mengenai perbandingan koefisien debit menggunakan peluap dengan lebar berbeda menyimpulkan bahwa *flume* dengan lebar 1 m di laboratorium JTS-UII memiliki korelasi yang lemah. Ginanjar dan Hariati (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa perlu dilakukan kalibrasi alat ukur debit sebelum *flume* dapat digunakan, sehingga selanjutnya *flume* dapat digunakan untuk pelaksanaan praktikum maupun penelitian. *Flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII dilengkapi dengan kolam penampungan yang digunakan sebagai alat untuk menghitung debit atau biasa disebut dengan pengukuran debit kolam penampungan (*volumetric*).

Debit aliran merupakan informasi penting dalam perencanaan dan penelitian dibidang keairan. Saat melakukan penelitian menggunakan *flume*, debit merupakan salah satu informasi utama sebagai hasil dari pengamatan langsung di lapangan. Debit pada *flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII dilengkapi dengan kran air yang dapat mengalirkan air sesuai jumlah putaran, semakin banyak jumlah putaran maka debit yang dihasilkan juga semakin besar, selama ini belum diketahui kisaran nilai debit yang dihasilkan dari tiap putaran kran. Diperlukan juga data debit maksimum yang dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui batas kemampuan *flume* dalam mengalirkan air. Debit diperoleh dari hasil perkalian antara luas dengan kecepatan aliran, kecepatan dapat diperoleh dari pengukuran secara langsung dengan alat ukur *current meter* dan pelampung, oleh karena itu selain menggunakan kolam penampungan dapat juga digunakan 2 alat tersebut untuk pengamatan aliran pada *flume*. Dalam penelitian dibidang keairan yang mempelajari zat cair dalam keadaan bergerak diperlukan juga informasi mengenai karakteristik aliran. Dalam SNI 8066:2015 disebutkan bahwa kondisi hidraulik yang harus diperhatikan dalam pengukuran debit yaitu mempunyai pola aliran seragam, mendekati kondisi subkritik, dan tidak terkena pengaruh arus balik (pengempangan). Dari penjabaran tersebut maka perlu dilakukan kajian mengenai debit aliran pada *flume* besar Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, kajian berisi tentang hubungan antara debit dengan

putaran kran, debit maksimal yang dihasilkan, serta variabel tertentu yang membuat *flume* mengalirkan air dengan karakteristik aliran subkritis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang maka penulis dapat menjabarkan masalah-masalah pokok sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil pengukuran debit tiap variasi kemiringan hulu dan putaran kran dengan alat ukur *current meter*, pelampung, dan kolam penampungan (*volumetric*)?
2. Berapakah debit maksimum yang dapat digunakan dalam penelitian dengan *flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII?
3. Bagaimana variasi *slope* hulu dan jumlah putaran kran yang menghasilkan debit aliran dengan karakteristik aliran subkritis?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil pengukuran debit tiap variasi kemiringan hulu dan putaran kran dengan alat ukur *current meter*, pelampung, dan kolam penampungan (*volumetric*).
2. Mengetahui debit maksimum yang dapat digunakan dalam penelitian dengan *flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII.
3. Mengetahui variasi *slope* hulu dan jumlah putaran kran yang menghasilkan debit aliran dengan karakteristik aliran subkritis.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan bagi penelitian selanjutnya, terutama penelitian yang menggunakan alat *flume* besar Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, dan selanjutnya dapat dilakukan perbaikan atau pengembangan untuk meningkatkan

kinerja dan ketelitian alat. Sehingga *flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII dapat dijadikan sebagai sarana penelitian dan pembelajaran yang lebih akurat.

1.5 Batasan Penelitian

Agar dapat memberikan hasil penelitian yang baik dan sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, maka dalam penelitian diberikan batasan berdasarkan kondisi dan alat yang tersedia, antara lain:

1. Aliran zat cair tidak dapat dimampatkan.
2. Aliran pada saluran dianggap *steady*.
3. Fluida yang mengalir dianggap memiliki berat jenis zat cair sama.
4. Dasar saluran kedap dan pengaruh rembesan diabaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian pada *Flume*

2.1.1 Kajian Hubungan Antara Debit Berubah dengan Tinggi Muka Air dan Kecepatan Aliran.

Indratmo dan Heruyoko (2009) dalam penelitiannya mengkaji tentang fenomena dimana debit, tinggi muka air dan kecepatan aliran mencapai nilai maksimum pada waktu yang tidak bersamaan. Penelitian dilakukan dengan pemodelan aliran tak tunak pada *flume* di Laboratorium Uji Model Fisik Hidraulik, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, alat ukur kecepatan yang digunakan adalah *current meter* yang menggunakan baling-baling (*propeller*) dan dihubungkan dengan mesin penghitung (*counter*) yang menunjukkan intensitas dalam satuan Hz. Dari pemodelan fisik maupun numerik diperoleh bahwa kecepatan aliran mencapai nilai maksimum terlebih dahulu, diikuti oleh debit dan terakhir tinggi muka air yang mencapai nilai maksimum. Dari perhitungan debit, tinggi muka air dan kecepatan aliran pemodelan numerik tidak terlalu berbeda jauh (rata-rata error 3,83%, 3,34% dan 4,60%) dengan hasil perhitungan pada pemodelan fisik. Dengan syarat batas dari pemodelan fisik, nilai n (koefisien kekasaran) sebesar 0,0022 dan lebar dasar yang sama yaitu 7,8 cm harga debit yang didapat dengan penampang trapesium dengan $z = 2$ paling besar dibandingkan penampang trapezium dengan $z = 1$ dan penampang persegi panjang ($z = 0$). Hal ini disebabkan dengan tinggi muka air yang relatif sama antara tiga penampang tersebut menghasilkan luas penampang basah yang cukup besar pada penampang saluran dengan $z = 2$, sedangkan debit merupakan fungsi dari kecepatan dan luas penampang basah.

2.1.2 Uji Kinerja Flume 10 cm x 20 cm x 400 cm melalui Pintu Air Sisi Tegak/*Vertical*, *Parshall Flume*, Ambang Lebar Ujung Tumpul (*Drempell*) dan Ambang Tajam/Tipis.

Aji dkk. (2014) melakukan penelitian pada flume berbentuk prismatis berdimensi 10 cm x 20 cm x 400 cm dengan tujuan untuk mengevaluasi kemampuannya. Selain itu penelitian ini digunakan sebagai kajian aliran melalui saluran terbuka dengan membandingkan aliran melalui flume dan membandingkannya dengan hasil yang diperoleh dari penyelesaian analitis. Beberapa alat ukur debit yang digunakan, yaitu bendung vertikal dengan bukaan 0,03 m, 0,06 m, dan 0,09 m, parshall flume, ambang lebar ujung tumpul (*Drempell*) dengan $h = 0,04$ m, 0,05 m, dan 0,06 m dan ambang tajam/tipis dengan $h = 0,04$ m, 0,05 m, dan 0,06 m. Alat ukur debit ditempatkan 1,5 m di hilir dari flume. Air dialirkan dari bak peredam gelombang dengan pompa air debit 520 liter/menit. Volume air yang mengalir ke dalam flume diukur dengan membandingkan volume tangki dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tangki. Setiap alat ukur debit dilakukan percobaan dengan kemiringan dasar yang berbeda. Hasil dari percobaan menunjukkan bahwa flume yang digunakan dalam percobaan ini mampu digunakan untuk mendemonstrasikan aliran pada saluran terbuka. Ditemukan bahwa flume perlu diperpanjang 10,4 m atau dipercuram untuk mendapatkan presentase perbedaan yang lebih kecil dari 30%, karena pada peragaan muka air tipe profil M2 ($Y_n > y > y_c$) dengan metode integrasi numerik, didapatkan bahwa semakin landai kemiringan dasar flume maka panjang saluran yang dibutuhkan juga semakin bertambah. Selain itu didapatkan bahwa mesin pompa yang dipakai kurang stabil sehingga mengakibatkan aliran air yang tidak tenang, maka keadaan tersebut berpengaruh pada pengambilan data serta kesalahan pengamatan.

2.1.3 Studi Karakteristik Aliran Pada Flume Saluran Terbuka di Laboratorium Teknik Sipil UIKA.

Astuti dan Hariati (2016) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa belum diketahuinya karakteristik aliran dalam rancangan model flume dengan kemiringan tertentu sehingga perlu dilakukan simulasi untuk mengetahui karakteristik aliran,

dengan berbagai nilai kemiringan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UIKA Bogor. Model saluran terbuka dilengkapi dengan fasilitas pengatur kemiringan yang dapat memodelkan karakteristik aliran berdasarkan kecepatan dan kedalamannya. Rangkaian pengamatan yaitu dengan pengamatan debit, tinggi muka air, dan kecepatan aliran pada saluran dengan berbagai kemiringan. Flume saluran terbuka diatur dengan tanpa kemiringan, kemiringan 1%, 2%, 3%. Pengambilan debit digunakan metode *volumetrik* dan pelampung. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa karakteristik aliran sebagai berikut:

1. Debit aliran yang melalui saluran *flume* tidak dipengaruhi oleh kemiringan.
2. Kecepatan aliran yang melalui saluran *flume* berbanding lurus dengan kemiringan. Semakin besar kemiringan maka kecepatan semakin besar.
3. Bilangan Froude yang didapatkan sebanding dengan tingkat kemiringan, apabila kemiringan saluran *flume* semakin tinggi maka nilai bilangan froude semakin meningkat.
4. Bilangan Froude lebih dari 1 ($Fr > 1$) sehingga aliran yang melalui flume termasuk aliran super kritis.

2.1.4 Rancang Bangun *Prototipe* Saluran Irigasi Skala Laboratorium.

Suhardi (2020) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa pengukuran debit saluran di laboratorium biasanya menggunakan prototipe saluran dengan dimensi lebih kecil dari saluran sebenarnya. Oleh karena itu perlu dilakukan rancang bangunan *prototipe* saluran irigasi untuk memenuhi kebutuhan simulasi dan percobaan pengukuran debit di laboratorium. Struktur dan dimensi *prototipe* saluran irigasi skala laboratorium disesuaikan dengan ketersediaan ruangan. Dimensi prototipe saluran irigasi yang ditempatkan di dalam ruangan laboratorium berukuran lebih kecil dibandingkan dengan *prototipe* yang ditempatkan di luar ruangan laboratorium. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Dilakukan uji fungsional dan uji kinerja prototipe saluran irigasi dalam pengukuran debit aktual dan pengukuran debit menggunakan bangunan ukur ambang tajam segi empat dengan persamaan *kinsvater-carter*, dan

persamaan umum. Tahapan dari penelitian dimulai dengan desain prototipe saluran irigasi, uji fungsional, dan uji kinerja. Uji kinerja dilakukan dengan menghitung debit aktual dan debit teoritis. Debit aktual dilakukan dengan mengukur volume yang tertampung dalam bak volumetrik pada kurun waktu tertentu. Sementara debit teoritis dihitung menggunakan persamaan bangunan ukur ambang tajam segi empat. Perlu juga dilakukan kalibrasi debit untuk menyesuaikan antara debit teoritis dan debit aktual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolam olak berfungsi dengan baik sehingga aliran pada saluran pembawa menjadi stabil dan prototipe saluran irigasi berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk percobaan pengukuran debit. Uji kinerja prototipe saluran irigasi menunjukkan bahwa bak volumetrik sangat akurat untuk pengukuran debit aktual dengan $R^2 = 0,999$. Sementara itu rata-rata koefisien kalibrasi pengukuran debit menggunakan persamaan *kinsvater-carter* adalah 0,868 dan persamaan umum adalah 0,983. Maka dari itu persamaan *kinsvater-cater* dan persamaan umum dapat diimplementasikan untuk pengukuran debit dan kalibrasi bangunan ukur ambang tajam segi empat di saluran.

2.2 Penelitian Menggunakan *Flume Besar Lab. Hidrolika JTS-UII.*

2.2.1 Perbandingan Koefisien Debit Dengan Lembar Saluran Berbeda

Menggunakan Uji Fisik Peluap Persegi Panjang dan V-Notch.

Febrianto dan Makrup (2018) dalam penelitiannya memaparkan bahwa permasalahan pada aliran fluida sering kali ditemukan kesulitan bahkan beberapa tidak bisa diselesaikan dengan cara analitis. Dalam menyelesaikan sebuah masalah diperlukan suatu pengamatan atau percobaan. Untuk menghindari kendala seperti waktu yang lama dan biaya yang lebih mahal pada pengamatan dilapangan, maka bisa dilakukan dengan membuat sebuah bentuk miniatur di laboratorium yang disebut dengan studi model. Studi model dari penelitian ini bertujuan untuk mencari perbandingan koefisien debit (C_d) bangunan peluap pada saluran yang berbeda. Hasil penelitian mengenai koefisien debit (C_d) menjadi langkah awal untuk dikembangkan dalam bangunan yang bersifat prtotype yang merupakan langkah aktual bagi upaya perencanaan, dimana parameter yang digunakan dalam penelitian dapat diterapkan di lapangan. Penelitian dilakukan pada flume lebar 0.1 m dan 1 m

di Laboratorium Hidrolika Universitas Islam Indonesia. Penelitian nilai koefisien debit (C_d) aliran dilakukan melalui saluran terbuka dengan 4 (empat) model peluap yaitu peluap persegi panjang dengan lebar 0,1 m, peluap persegi panjang dengan lebar 1 m, peluap v-notch dengan lebar 0,1 m, dan peluap v-notch dengan lebar 1 m. Data yang diambil dari penelitian adalah tinggi peluapan air di atas bangunan peluap, waktu penampungan aliran pada bak penampungan, dan volume aliran yang tertampung. Setelah data terkumpul dilakukan perhitungan debit nyata dan debit teoritis. Dari perbandingan debit nyata dan debit teori didapatkan koefisien debit dari bangunan peluap. Nilai koefisien debit yang didapatkan lalu dibandingkan dengan nilai koefisien debit dari metode SNI. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai koefisien debit rata-rata untuk peluap persegi panjang lebar 0.1 m sebesar 0.6563, peluap persegi panjang lebar 1 m sebesar 0.724, peluap V-Notch lebar 0.1 m sebesar 0.5110, dan peluap V-Notch lebar 1 m sebesar 0.6016. Dari hasil koefisien debit rata-rata disimpulkan bahwa jenis peluap dengan lebar 0.1 m memiliki korelasi yang kuat, yang mungkin disebabkan oleh alat atau flume yang digunakan sudah baik. Sedangkan peluap dengan lebar 1 m memiliki korelasi yang lemah, hal itu kemungkinan disebabkan kualitas alat yang kurang memenuhi standar dan ketelitian dalam pembacaan.

2.2.2 Studi Pengaruh Konfigurasi Baffle Blocks Terhadap Peredaman Energi pada Konstruksi Bendung.

Bahar (2019) melakukan penelitian tentang susunan blok penghalang (*baffle block*) yang paling optimal dalam meredam energi untuk mencegah adanya gerusan pada hilir bendung karena gerusan pada hilir adalah salah satu penyebab runtuhnya suatu konstruksi bendung. Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian dilakukan dengan metode pengamatan langsung dilapangan menggunakan alat *circulating flume* lebar 1 m yang memiliki dasar saluran kedap air, dipasang dengan saluran datar, dan saluran dibagian hulu bendung diasumsikan tidak ada angkutan sedimen, sedangkan model *baffle blocks* dibuat menggunakan bahan campuran beton. Model *baffle blocks* terdiri dari dua bentuk yaitu dengan

bentuk persegi dan belah ketupat yang memiliki dimensi 10 cm x 10 cm x 7 cm. Kemudian dilakukan penelitian dengan menggunakan 4 variasi susunan baffle blocks pada setiap bentuknya, variasi yang dilakukan yaitu dengan variasi susunan sejajar dan selang – seling dan jumlah *baffle blocks* yang berbeda, selain dilakukan juga variasi penelitian dengan menggunakan *groundsill* pada hilir bendung. Hasil dari percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa penurunan angka froude dan kehilangan energi terbesar terjadi pada susunan *baffle blocks* variasi ke 5 yaitu penurunan angka froude sebesar 29,2703% dan kehilangan energi sebesar 0,0534 m, sehingga susunan dengan bentuk belah ketupat yang disusun sejajar merupakan bentuk susunan baffle blocks yang paling efektif meredam energi dibanding susunan baffle blocks persegi. Namun jika dibandingkan dengan menggunakan *groundsill* penurunan angka froude dan kehilangan energi yang terjadi lebih besar yaitu penurunan angka froude sebesar 31,7423% dan kehilangan energi sebesar 0,0633 m.

2.3 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Dari uraian hasil penelitian penulis terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dapat diambil garis besar perbandingan maupun perbedaannya. Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
1	Indratmo dan Heruyoko (2009)	Kajian Hubungan Antara Debit Berubah dengan Tinggi Muka Air dan Kecepatan Aliran.	Laboratorium Uji Model Fisik Hidraulik, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung	Penelitian dilakukan dengan pemodelan aliran tak tunak pada <i>flume</i> , alat ukur kecepatan yang digunakan adalah <i>current meter</i> yang menggunakan baling-baling (<i>propeller</i>) dan dihubungkan dengan mesin penghitung (<i>counter</i>) yang menunjukkan intensitas dalam satuan Hz	Dari pemodelan fisik maupun numerik diperoleh bahwa kecepatan aliran mencapai nilai maksimum terlebih dahulu, diikuti oleh debit dan terakhir tinggi muka air yang mencapai nilai maksimum.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
2	Aji dkk. (2014)	Uji Kinerja Flume 10 cm x 20 cm x 400 cm Melalui Pintu Air Sisi Tegak/ <i>Vertical</i> , <i>Parshall Flume</i> , Ambang Lebar Ujung Tumpul (<i>Drempell</i>) dan Ambang Tajam/Tipis.	Laboratorium Teknik Sipil Universitas Immanuel, Yogyakarta.	Penelitian ini dilakukan pada flume berbentuk prismatis berdimensi 10 cm x 20 cm x 400 cm dengan beberapa variasi kemiringan. Digunakan beberapa alat ukur debit; bendung vertikal dengan bukaan 0,03 m, 0,06 m, dan 0,09 m, <i>parshall flume</i> , ambang lebar ujung tumpul (<i>Drempell</i>) dengan $h = 0,04$ m, 0,05 m, dan 0,06 m dan ambang tajam/tipis dengan $h = 0,04$ m, 0,05 m, dan 0,06 m. Alat ukur debit ditempatkan 1,5 m di hilir dari flume.	Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa flume yang digunakan dalam percobaan ini mampu digunakan untuk mendemonstrasikan aliran pada saluran terbuka, namun pompa tidak stabil. Ditemukan bahwa flume perlu diperpanjang 10,4 m atau dipercuram untuk mendapatkan presentase perbedaan yang lebih kecil dari 30%. sehingga mengakibatkan aliran air yang tidak tenang, maka keadaan tersebut berpengaruh pada pengambilan data serta kesalahan pengamatan.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
3	Astuti dan Hariati (2016)	Studi Karakteristik Aliran Pada Flume Saluran Terbuka di Laboratorium Teknik Sipil UIKA.	Laboratorium Teknik Sipil UIKA Bogor.	<p>Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen pada flume saluran terbuka dengan pengamatan debit, tinggi muka air, dan kecepatan aliran pada saluran dengan berbagai kemiringan. Kemiringan flume diatur dengan tanpa kemiringan, kemiringan 1%, 2%, 3%.</p> <p>Pengambilan debit digunakan metode volumetrik dan pelampung.</p>	<p>Hasil dari penelitian didapatkan bahwa karakteristik aliran sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Debit aliran pada <i>flume</i> tidak dipengaruhi oleh kemiringan. 2. Kecepatan aliran pada <i>flume</i> berbanding lurus dengan kemiringan. Semakin besar kemiringan maka kecepatan semakin besar. 3. Bilangan Froude yang didapatkan sebanding dengan tingkat kemiringan. 4. Bilangan Froude lebih dari 1 ($Fr > 1$) sehingga aliran yang melalui flume termasuk aliran super kritis.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
4	Febrianto dan Makrub (2018)	Perbandingan Koefisien Debit Dengan Lembar Saluran Berbeda Menggunakan Uji Fisik Peluap Persegi Panjang dan V-Notch.	Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.	Penelitian dilakukan pada flume lebar 0.1 m dan 1 m dengan 4 (empat) model peluap yaitu peluap persegi panjang dengan lebar 0,1 m, peluap persegi panjang dengan lebar 1 m, peluap v-notch dengan lebar 0,1 m, dan peluap v-notch dengan lebar 1 m. Data yang didapat berupa tinggi peluapan air di atas bangunan peluap, waktu penampungan, dan volume aliran yang tertampung. Setelah itu dilakukan perhitungan debit nyata dan debit teoritis lalu dihitung koefisien debitnya.	Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai koefisien debit rata-rata untuk peluap persegi panjang lebar 0.1 m sebesar 0.6563, peluap persegi panjang lebar 1 m sebesar 0.724, peluap V-Notch lebar 0.1 m sebesar 0.5110, dan peluap V-Notch lebar 1 m sebesar 0.6016. Dari hasil koefisien debit rata-rata disimpulkan bahwa jenis peluap dengan lebar 0.1 m memiliki korelasi yang kuat. Sedangkan peluap dengan lebar 1 m memiliki korelasi yang lemah.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
5	Bahar (2019)	Studi Pengaruh Konfigurasi Baffle Blocks Terhadap Peredaman Energi pada Konstruksi Bendung.	Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.	Penelitian dilakukan dengan cara pengamatan langsung dilapangan menggunakan alat <i>circulating flume</i> lebar 1 m dan model <i>baffle blocks</i> yang dibuat menggunakan bahan campuran beton dengan bentuk persegi dan belah ketupat yang memiliki dimensi 10 cm x 10 cm x 7 cm.	Hasil dari penelitian menunjukkan bentuk belah ketupat yang disusun sejajar merupakan bentuk susunan <i>baffle blocks</i> yang paling efektif meredam energi, memiliki penurunan angka froude 29,2703% dan kehilangan energi sebesar 0,0534 m. Dan bentuk konvensional (<i>groundsill</i>) memiliki penurunan angka froude sebesar 31,7423% dan kehilangan energi sebesar 0,0633. Sehingga bangunan peredam energi konvensional lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan <i>baffle blocks</i> .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

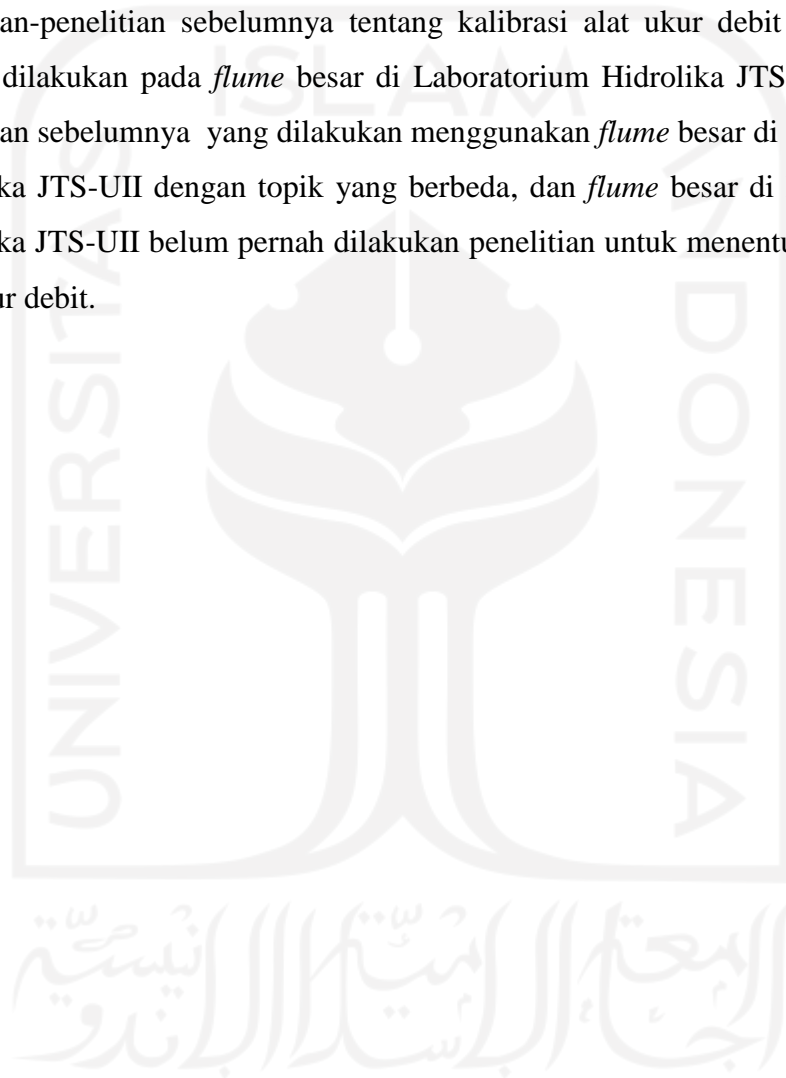
No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
6	Suhardi (2020)	Rancang Bangun Prtotipe Saluran Irigasi Skala Laboratorium.	Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jembar.	Penelitian dilakukan dengan desain prototipe saluran irigasi, uji fungsional, dan uji kinerja. Uji kinerja dilakukan dengan menghitung debit aktual dan debit teoritis. Debit aktual dilakukan dengan mengukur volume yang tertampung dalam bak volumetrik pada kurun waktu tertentu. Sementara debit teoritis dihitung menggunakan persamaan bangunan ukur ambang tajam segi empat. Dilakukan juga kalibrasi debit untuk menyesuaikan antara debit teoritis dan debit aktual.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa kolam olak berfungsi dengan baik sehingga aliran pada saluran pembawa menjadi stabil dan prototipe saluran irigasi berfungsi dengan baik sebagai percobaan pengukuran debit. Bak volumetrik sangat akurat untuk pengukuran debit aktual dengan $R^2 = 0,999$. Kalibrasi bangunan ukur ambang tajam segi empat dengan rata-rata koefisien kalibrasi pengukuran debit menggunakan persamaan <i>Kinsvater-carter</i> adalah 0,868 dan persamaan umum adalah 0,983.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
7	Penelitian yang kini dilakukan Ikbar (2021)	Kalibrasi Alat Ukur Debit <i>Flume</i> Besar Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia	Kajian Debit Aliran Pada <i>Flume</i> Besar Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia	Penelitian dilakukan pada <i>flume</i> dengan lebar 0,97 m. Digunakan variasi <i>slope</i> hulu <i>flume</i> 0,0000; 0,1763; 0,2679; dan 0,3640 serta variasi putaran kran air 1,2,3, dan 4. Dilakukan pengukuran debit dengan alat <i>current meter</i> , pelampung, dan kolam penampungan (<i>volumetric</i>).	Dari penelitian didapatkan hasil debit dari tiap variasi putaran dan <i>slope</i> hulu. Debit maksimal 0,03668 m ³ /detik dengan alat <i>current meter</i> ; 0,03870 m ³ /detik dengan cara <i>volumetric</i> . Agar aliran yang dihasilkan dalam kondisi subkritis <i>flume</i> dapat diatur dengan kondisi <i>slope</i> hulu 0 dan jumlah putaran kran 1 - 4, dengan alat ukur debit <i>current meter</i> dan <i>volumetric</i> ; <i>slope</i> hulu 0 - 0,364 dan 1 putaran kran, dengan alat ukur <i>current meter</i> dan <i>volumetric</i> ; <i>slope</i> hulu 0 dan 2 putaran kran, dengan alat ukur <i>current meter</i> .

2.4 Keaslian Penelitian

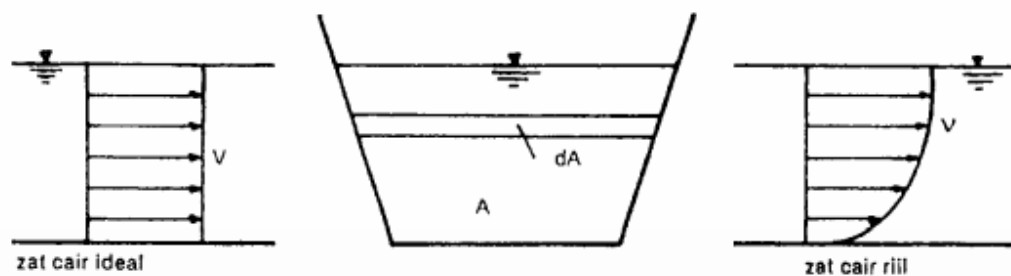
Berdasarkan studi pustaka dari penelitian terdahulu, penelitian dengan judul “Kalibrasi Alat Ukur Debit *Flume* Besar Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia” ini belum pernah dilakukan sebelumnya, penelitian-penelitian sebelumnya tentang kalibrasi alat ukur debit *flume* belum pernah dilakukan pada *flume* besar di Laboratorium Hidrolika JTS-UII. Adapun penelitian sebelumnya yang dilakukan menggunakan *flume* besar di Laboratorium Hidrolika JTS-UII dengan topik yang berbeda, dan *flume* besar di Laboratorium Hidrolika JTS-UII belum pernah dilakukan penelitian untuk menentukan kalibrasi alat ukur debit.



BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Debit

Debit aliran adalah laju aliran air dihitung dalam bentuk volume yang melewati suatu penampang per satuan waktu. Di dalam zat cair ideal dianggap tidak terjadi gesekan, maka kecepatan adalah sama di tiap titik suatu tampang melintang (Triatmojo, 1993). Distribusi kecepatan aliran untuk zat cair ideal dan zat cair riil saluran terbuka dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Kecepatan Aliran Melalui Saluran Terbuka

(Sumber: Triatmojo, 1993)

Apabila tampang dari aliran tegak lurus dengan arah aliran A . Maka debit aliran dinyatakan dalam rumus seperti persamaan (3.1) berikut ini.

$$Q = A \cdot V \quad (3.1)$$

Dengan:

Q = Debit aliran ($m^3/detik$),

A = Luas penampang (m^2), dan

V = kecepatan aliran ($m/detik$).

Untuk mendapatkan kecepatan aliran pada penelitian ini digunakan alat ukur kecepatan *current meter*, dan pelampung. Dilakukan juga pengukuran debit dengan

kolam penampungan (*volumetric*) dengan perbandingan antara volume air yang tertampung dengan waktu penampungan. Air yang masuk kedalam kolam penampungan dihitung volumenya dengan persamaan sebagai berikut.

$$v = p \times l \times h \quad (3.2)$$

Dimana:

- v = Volume (m³),
- p = Panjang kolam penampungan (m),
- l = Lebar kolam penampungan (m), dan
- h = Tinggi muka air yang diamati (m).

Setelah volume tertampung didapatkan maka debit nyata dapat dihitung, sehingga rumus debit nyata aliran adalah sebagai berikut.

$$Q = \frac{v}{t} \quad (3.3)$$

Keterangan:

- Q = Debit nyata (m³/dt)
- v = Volume (m³)
- T = Waktu penampungan (dt)

3.2 Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan air dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan pelampung atau secara tidak langsung yang biasanya menggunakan *current meter* (Triatmojo, 2008).

1. Pelampung

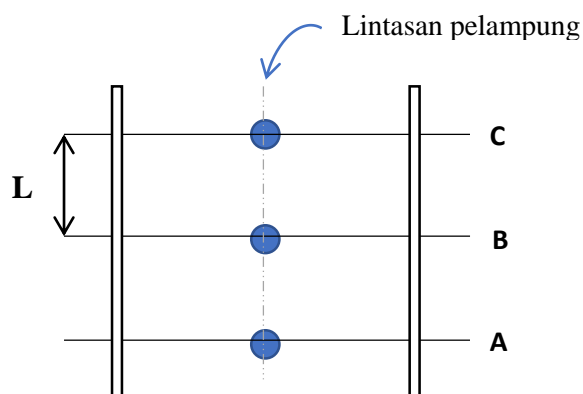
Pengukuran kecepatan arus secara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan pelampung, yaitu dengan mengukur selang waktu yang diperlukan oleh pelampung untuk menempuh suatu jarak tertentu.

Berdasarkan SNI 8066:2015 pelampung yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran adalah:

- a. Bahan yang dapat terapung di permukaan air yang terbuat dari gabus, kayu dan lain-lain.
- b. Bahan yang sebagian besar tenggelam di bawah permukaan air yang terbuat dari bambu yang diberi pemberat batu pada bagian bawah pelampung.

Ketentuannya pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung yaitu:

- a. Lintasan pelampung harus mudah diamati, dan diberi tanda khusus.
- b. Pengukuran kecepatan aliran dipilih pada bagian alur yang lurus, dan memenuhi salah satu syarat berikut.
 - 1) Bagian alur yang lurus paling sedikit tiga kali lebar aliran, atau.
 - 2) Lintasan pelampung pada bagian alur yang lurus paling sedikit memerlukan waktu tempuh 40 detik.

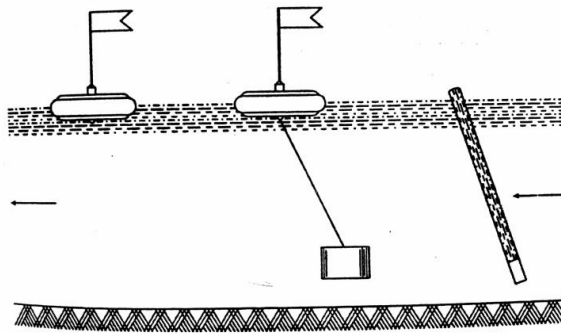


Gambar 3.2 Pengukuran Kecepatan Dengan Pelampung

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2, pengamatan dilakukan pada tampang B dan C yang berjarak L . Pelampung dimasukkan kedalam saluran pada tampang A yang berada di sebelah hulu tampang B, sehingga saat pelampung sampai ke titik B kecepatannya sudah sesuai dengan kecepatan arus. Dengan mengetahui panjang L dan waktu yang diperlukan (t) oleh pelampung untuk

melintasi tampang B sampai C, dapat dihitung kecepatan aliran dengan persamaan (3.7) berikut.

$$V = \frac{L}{t} \quad (3.4)$$



Gambar 3.3 Tipe Pelampung

(Sumber: Triatmojo, 2008)

Ada tiga macam jenis pelampung seperti ditunjukkan pada Gambar 3.3, dari kiri yaitu pelampung permukaan, pelampung dengan kaleng, dan pelampung batang. Pelampung tipe pertama mengukur kecepatan aliran pada permukaan, sedangkan tipe kedua dan ketiga mengukur kecepatan rerata vertikal. Pada penelitian ini digunakan pelampung tipe pertama karena ketinggian aliran pada flume relatif rendah.

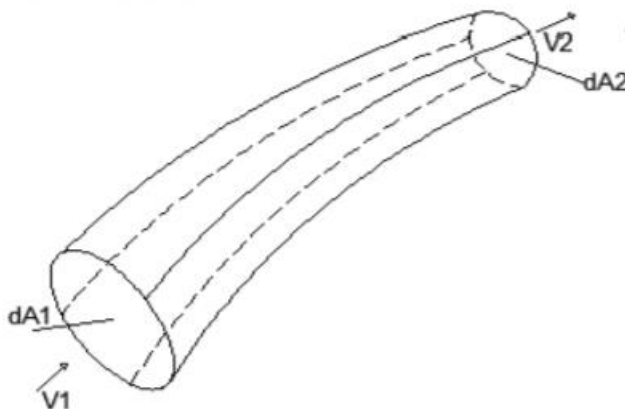
2. *Current meter*

Pengukuran kecepatan dengan *current meter* cukup banyak dilakukan. Ada dua tipe alat ukur yaitu tipe mangkok (*Price-cup current meter*) dan baling-baling (*propeller current meter*). Karena adanya partikel air yang melintasi maka mangkok dan baling-baling akan berputar, pada tipe pertama mangkok-mangkok akan berputar terhadap sumbu vertikal, sedangkan tipe kedua baling-baling berputar terhadap sumbu horizontal. Jumlah putaran per satuan waktu dapat dikonversi menjadi kecepatan arus.

Berdasarkan SNI 8066:2015 untuk mendapatkan ketelitian dalam pengukuran debit, peralatan pengukuran debit harus dikalibrasi dengan ketentuan yang tertera pada kartu/label kalibrasi kecuali terjadi hal-hal yang mengakibatkan perubahan pada alat ukur seperti; jatuh, membentur benda keras, dan tercelup ke dalam cairan asam. Kalibrasi *current meter* dilakukan dengan menggunakan *calibration flume* dan dilaksanakan oleh instansi yang berwenang dan telah terakreditasi. Pada penelitian ini digunakan *current meter* merek Armfield tipe baling-baling dengan diameter 2 cm dan dihubungkan dengan *streamflow velocity* 403 Nixon dengan *output* dalam satuan Hz yang kemudian diubah dalam satuan kecepatan (cm/detik) dengan bantuan tabel kalibrasi (*streamflow probe calibration chart*).

3.3 Persamaan Kontinuitas

Hukum kontinuitas aliran zat cair berlaku apabila zat cair tak terkompresibel mengalir secara kontinyu melalui suatu saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang (Triatmojo, 1993).



Gambar 3.4 Tabung Aliran Untuk Menurunkan Persamaan Kontinuitas

(Sumber: Triatmojo, 1993)

Dapat dilihat tabung aliran pada Gambar 3.4, untuk aliran satu dimensi dan mantap, kecepatan rerata dan tampang lintang pada 1 dan 2 adalah V_1 , dA_1 dan V_2 , dA_2 .

1. Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu : $V_1 dA_1$
2. Volume zat cair yang keluar dari tampang 2 tiap satuan waktu : $V_2 dA_2$

Oleh karena tidak ada zat cair yang hilang di dalam tabung aliran, maka persamaannya seperti pada persamaan (3.5) berikut.

$$v_1 dA_1 = v_2 dA_2 \quad (3.5)$$

Hasil integrasi dari persamaan pada saluh tampang aliran tersebut akan didapat volume zat cair yang melalui medan aliran. Oleh karena itu dari persamaan (3.5) menjadi persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$v_1 \int_{A_1} dA_1 = v_2 \int_{A_2} dA_2 \quad (3.6)$$

Sehingga didapatkan persamaan kontinuitas untuk zat cair tak kompresibel seperti persamaan (3.7) dan persamaan (3.8) seperti dibawah ini.

$$v_1 A_1 = v_2 A_2 \quad (3.7)$$

$$Q_1 = Q_2 \quad (3.8)$$

dengan:

Q = Volume fluida yang melalui setiap tampang tiap satuan waktu (m^3/dt)

A = Luas penampang melintang tegak lurus arah aliran (m^2)

v = kecepatan rata-rata aliran (m/detik)

3.4 Persamaan Bernoulli

Pada zat cair mengalir gaya-gaya yang bekerja sulit untuk dihitung tidak seperti pada zat cair diam, karena dalam hidrostatika hanya bekerja gaya tekan

sederhana. Pada zat cair mengalir faktor-faktor yang diperhitungkan tidak hanya kecepatan dan arah partikel, tetapi juga pengaruh kekentalan yang menyebabkan gesekan antara partikel-partikel zat cair dan juga antara zat cair dan dinding batas (Triatmojo, 1993).

Persamaan energi ditunjukkan dalam bentuk persamaan Euler dan persamaan Bernoulli. Persamaan energi yang menggambarkan gerak partikel merupakan turunan dari persamaan gerak. Persamaan energi merupakan persamaan dasar yang digunakan untuk menyelesaikan masalah hidraulika.

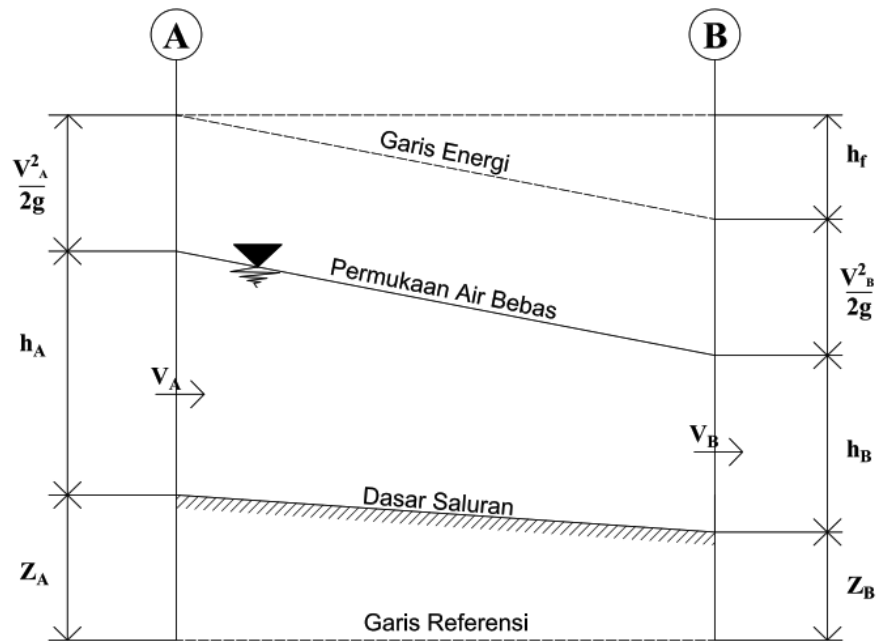
Penurunan dari persamaan Bernoulli pada aliran sepanjang garis arus mengacu pada hukum Newton II tentang gerak pada persamaan (3.9). Dengan anggapan bahwa:

1. Berupa zat cair ideal, tidak mempunyai kekentalan (kehilangan energi akibat gesekan adalah 0).
2. Zat cair homogen dan tidak termampatkan (rapat massa zat cair adalah konstan).
3. Aliran kontinyu sepanjang garis arus.
4. Kecepatan aliran merata dalam suatu penampang.
5. Gaya yang bekerja hanya gaya berat dan tekanan.

$$F = Ma \tag{3.9}$$

Persamaan Bernoulli menyatakan bahwa jumlah energi setiap aliran yang melalui suatu penampang saluran, dapat dinyatakan sebagai jumlah fungsi air, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan.

$$H = z + d \cos \theta + \frac{v^2}{2g} \tag{3.10}$$



Gambar 3.5 Persamaan Energi Untuk Saluran Terbuka

Untuk saluran yang kemiringannya kecil maka $\theta = 0$

$$z_A + h_A + \frac{v_A^2}{2g} = z_B + h_B + \frac{v_B^2}{2g} + h_f \quad (3.11)$$

Dimana:

Z = Ketinggian titik yang ditinjau dari garis referensi (m)

h = Fungsi tekanan disuatu titik

V = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (m/detik²)

h_f = Gesekan antara zat cair dengan dinding batas.

Dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa tinggi elevasi, tinggi tekanan, dan tinggi kecepatan di kedua titik sama. Maka garis tenaga pada aliran zat cair ideal adalah konstan.

3.5 Bilangan Froude

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan bilangan froude agar dapat diketahui kondisi aliran pada tiap variasi kemiringan dan putaran kran sehingga dapat dijadikan acuan dalam penelitian dengan alat *flume*. Bilangan froude merupakan bilangan non dimensional akibat hubungan antara kecepatan dengan cepat rambat gelombang pada aliran air. Bilangan froude digunakan untuk menentukan kondisi/tipe aliran. Untuk menghitung bilangan froude digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gD}} \quad (3.12)$$

Dimana

- Fr = Bilangan froude,
- V = Kecepatan aliran (m/dt),
- g = Gaya gravitasi (m/dt²),
- D = Kedalaman aliran (m)

Menurut Astuti dan Hariati (2016), apabila bilangan froude sama dengan satu, maka kecepatan aliran sama dengan cepat rambat gelombang seperti persamaan (3.26), dalam kondisi ini aliran disebut dengan kondisi kritis.

$$V = \sqrt{gD} \quad (3.13)$$

Namun apabila bilangan froude kurang dari satu, maka kecepatan aliran kurang dari cepat rambat gelombang seperti persamaan (3.27), aliran ini disebut dengan kondisi sub kritis.

$$V < \sqrt{gD} \quad (3.14)$$

Sebaliknya apabila bilangan froude lebih dari satu, atau kecepatan aliran lebih dari cepat rambat gelombang seperti persamaan (3.28), maka aliran disebut dengan kondisi super kritis.

$$V > \sqrt{gD} \quad (3.15)$$

3.6 Standar Deviasi

Deviasi dapat diartikan sebagai selisih atau simpangan dari masing-masing nilai atau interval dari rata-rata perhitungannya. Secara umum standar deviasi berarti ukuran yang digunakan untuk mengukur jumlah variasi atau sebaran dari sejumlah nilai data. Semakin rendah nilai standar deviasi maka akan semakin mendekati rata – rata, sebaliknya jika nilai standar deviasi semakin tinggi maka semakin tinggi rentang variasi datanya. Standar deviasi berfungsi sebagai gambaran persebaran data terhadap data rata – rata dan memberikan gambaran kualitas sampel yang diperoleh.

Dalam melakukan analisis statistik standar deviasi memiliki kedudukan yang sangat penting karena sulit untuk mendapatkan data yang tepat bagi suatu populasi, sehingga perlu digunakan sampel data yang bisa mewakili seluruh populasi (Astuti dan Hariati, 2016). Rumus yang digunakan untuk menghitung standar deviasi dapat dilihat pada persamaan (3.25) berikut.

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.16)$$

Dimana

SD = Standar deviasi,

N = Jumlah data,

x_i = Data ke-i,

\bar{x} = Rata – rata sampel.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan merupakan penelitian kuantitatif berupa eksperimental (*experimental research*). Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang menghasilkan data berupa angka. Penelitian eksperimental bertujuan untuk mendapatkan data maupun informasi melalui percobaan secara langsung di lapangan dengan variabel yang relevan tanpa adanya manipulasi. Diperlukan ketelitian yang tinggi sehingga didapatkan data yang akurat dan sesuai dengan keadaan asli dari alat yang akan diteliti.

4.2 Cara Pengumpulan Data

Sebelum mencari data, perlu dipaparkan terlebih dahulu mengenai subjek dan objek penelitian, serta hal-hal lain yang diperlukan untuk kelancaran penelitian seperti halnya instrumen yang digunakan, jenis dan sumber data, waktu pengumpulan data, dan kesulitan yang mungkin terjadi saat proses pengumpulan data.

4.2.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah orang, tempat atau benda yang diamati dan dicermati dalam rangka pengumpulan data sebagai sasaran penelitian. Subjek penelitian dalam penelitian ini adalah aliran air.

4.2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah hal yang dikaji dalam penelitian. Dengan kata lain objek adalah permasalahan yang diinvestigasi dalam suatu penelitian. Adapun objek penelitian dalam penelitian ini adalah Debit *Flume*.

4.2.3 Data Penelitian dan Variabel yang Digunakan

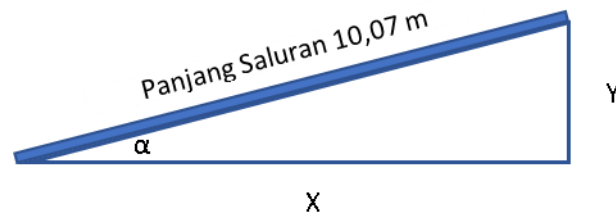
Data yang diperoleh dari penelitian ini berupa data primer atau biasa disebut data pertama atau data mentah, dimana data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari upaya pengambilan data di lapangan yang berada di lokasi penelitian. Adapun data sekunder yaitu data yang telah ada sebelumnya dikumpulkan oleh peneliti yang digunakan untuk melengkapi kebutuhan data penelitian. Data sekunder dapat diperoleh dari buku, publikasi pemerintah, laporan, jurnal, hingga berbagai sumber lain yang berkaitan dengan informasi yang sedang dicari. Kedua jenis data tersebut dapat saling melengkapi sehingga bisa memudahkan peneliti dalam melakukan pengamatan dan analisa. Pada penelitian ini digunakan data primer bahan untuk dianalisa. Data primer didapatkan dari penelitian langsung di Laboratorium Hidrolika JTS-UII.

Data yang dicatat berupa:

1. Dimensi flume dan kolam penampungan.
2. Kecepatan aliran dengan alat *current meter*.
3. Selang waktu pelampungan dengan jarak 2 m.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi kolam penampungan tiap penambahan ketinggian muka air 5 cm,
5. Kedalaman aliran pada saluran flume tiap titik pengamatan,

Menurut Sugiyono (2009), pengertian variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian diambil kesimpulan. Berikut variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian:

1. Dimensi Flume sebagai variabel tetap meliputi:
 - a. Panjang,
 - b. Lebar, dan
 - c. Tinggi.
2. Variabel Bebas terdiri dari:
 - a. Variasi putaran kran dari posisi siap mengalirkan air (1, 2, 3, dan 4)
 - b. Variasi kemiringan/*slope* hulu (0,00; 0,1763; 0,2679; dan 0,3640).



Gambar 4.1 Kemiringan Saluran

Tabel 4.1 Perhitungan *slope* hulu

Sudut (°)	y (m)	x (m)	i/slope
0	0,0000	10,0700	0,0000
10	1,7486	9,9170	0,1763
15	2,6063	9,7269	0,2679
20	3,4441	9,4627	0,3640

4.2.4 Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental berbasis laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

4.3 Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut ini.

1. Satu set flume besar yang berada di Laboratorium Hidrolika, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indoensia.



Gambar 4.2 Flume Besar Lab. Hidro JTS-UII

2. Satu set *current meter*.

Current meter yang digunakan merupakan jenis baling – baling dengan diameter 2 cm yang dihubungkan dengan *streamflow velocity* menghasilkan *output* dalam satuan Hz.



Gambar 4.3 Current Meter



Gambar 4.4 Streamflow Velocity

3. *Stopwatch*.
4. Pelampung.
5. Mistar Ukur.
6. Alat Tulis.

4.4 Metode Pengambilan Data

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan, serta perlu dicek juga kinerja pompa, kolam pemasok air yang berada di bawah dan diatas harus diisi terlebih dahulu.
2. Menentukan titik untuk pengamatan kecepatan dengan pelampung dari hulu sampai hilir saluran flume dengan jarak 2 m.
3. Pengaturan kemiringan saluran flume pada percobaan pertama (0°). kemiringan dari saluran dapat diatur menggunakan mesin katrol serta tuas disisi timur saluran flume. Pastikan kemiringannya sudah tepat dengan bantuan busur.
4. Setelah itu diatur putaran aliran air pada percobaan pertama (1 putaran). Pengaturan variasi putaran dapat dilakukan pada tuas dengan memutar ke kanan untuk bukaan yang lebih besar dan ke kiri untuk menutup.
5. Mencatat waktu yang dibutuhkan untuk mengisi kolam penampungan tiap penambahan ketinggian muka air setinggi 5 cm dengan *stopwatch*. Untuk mendapatkan data yang akurat maka pencatatan dilakukan sebanyak 10 kali.
6. Pengukuran ketinggian muka air saluran flume yang diamati dari titik yang telah ditentukan menggunakan mistar. Pengukuran dilakukan pada bagian sisi kanan, tengah, dan kiri saluran flume yang telah ditentukan.
7. Pengukuran kecepatan dengan dua cara yaitu *current meter* dan pelampung pada bagian kanan, tengah, dan kiri saluran flume. Pada saat pengukuran kecepatan dengan pelampung perlu dicatat jarak antara titik-titik yang diamati

(L) dan waktu tempuh pelampung dari titik awal yang ditinjau ke titik akhir (t) tiap percobaan. Sedangkan saat pengukuran kecepatan dengan *current meter* yang perlu dicatat adalah putaran per detik dari tiap percobaan (Hz).

8. Menguras air pada bak penampungan menggunakan mesin diesel.
9. Diulangi lagi langkah - langkah diatas hingga pengujian ke-n dengan mengubah variabel putaran (1, 2, 3, dan 4) dan *slope* (0,0000; 0,1763; 0,2679; dan 0,3640).

4.5 Metode Analisis Data

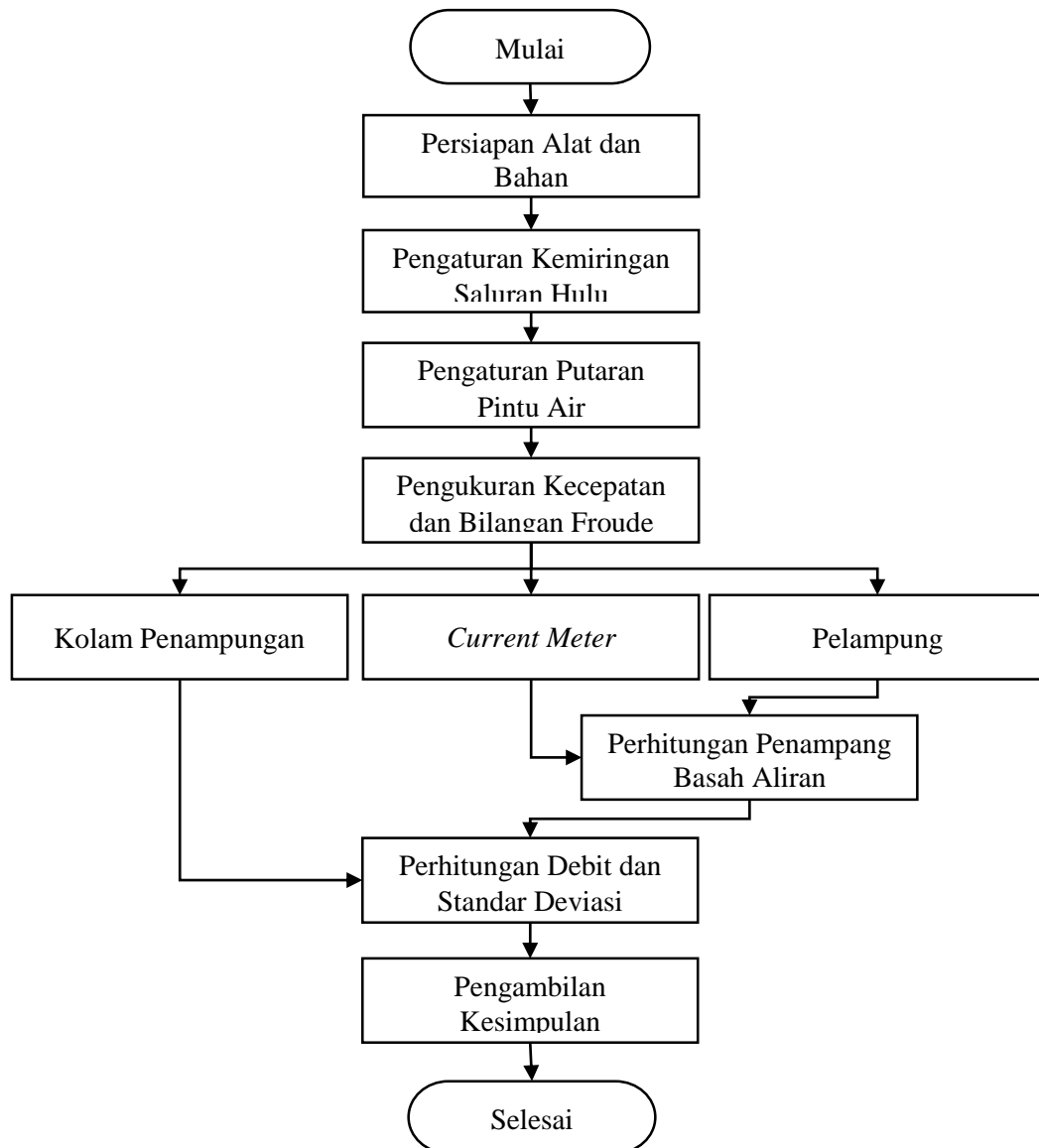
Setelah didapatkan data dari hasil penelitian, selanjutnya dilakukan analisa untuk mendapatkan kesimpulan. Tahapan dari analisa data pada penelitian ini dilakukan sebagai berikut.

1. Mengkonversi data kecepatan hasil pengamatan menggunakan *current meter* dari satuan Hz menjadi cm/detik dengan bantuan tabel kalibrasi (*streamflow probe calibration chart*).
2. Menghitung kecepatan dari data pengamatan dengan pelampung menggunakan persamaan (3.7).
3. Menghitung luas penampang aliran.
4. Menghitung debit dari data kecepatan dengan alat *current meter* dan pelampung menggunakan persamaan (3.4).
5. Menghitung volume tertampung menggunakan persamaan (3.5), dan selanjutnya mencari debit aliran *volumetric* menggunakan persamaan (3.6).
6. Menghitung kecepatan aliran *volumetric*.
7. Menghitung bilangan froude dari 3 cara menggunakan persamaan (3.12).
8. Mencari deviasi menggunakan persamaan (3.16).

Setelah itu perlu dibandingkan hasil perhitungan dari ketiga cara yang telah dilakukan. Dilanjutkan dengan penulisan laporan dari hasil pengamatan dan analisis data yang didapatkan.

4.6 Bagan Alir

Penelitian diawali dengan persiapan alat dan bahan serta pengecekan pompa dan pengisian kolam pemasok air yang berada dibawah dan diatas, selanjutnya dilakukan pengaturan kemiringan saluran flume sesuai kemiringan yang ditinjau serta mengatur putaran kran air. Tahap berikutnya yaitu pengukuran kecepatan dan bilangan froude (dengan alat ukur *current meter* dan pelampung) dan juga pengukuran penampang basah aliran untuk menghitung debitnya. Dari pengukuran debit dengan dua cara sebelumnya, selanjutnya dibandingkan dengan pengukuran debit kolam penampungan (*volumetric*) dengan menghitung volume tertampung dan waktu penampungan, setelah itu dihitung juga kecepatan dan bilangan froude untuk pengukuran dengan kolam penampungan (*volumetric*). Setelah selai kolam penampungan dikuras dengan mesin diesel. Setelah itu dilakukan perhitungan standar deviasi dan membandingkan hasil analisa dengan hasil data lain, dan apabila sudah sesuai dilanjutkan dengan pengambilan kesimpulan. Tahap dari penelitian diskemakan secara berurutan seperti bagan alir pada Gambar 4.5, dimana bagan alir ini berlaku pada semua variasi berupa variabel putaran (1, 2, 3, dan 4) dan slope (0,0000; 0,1763; 0,2679; dan 0,3640).



Gambar 4.5 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan secara langsung di laboratorium Hidrolika JTS-UII didapatkan beberapa data, antara lain yaitu: dimensi *flume* dan bak penampungan, kecepatan aliran dengan alat *current meter*, selang waktu pelampung dengan jarak 2 m, waktu penampungan dengan kolam pengampungan (*volumetric*) setiap kedalaman 0,05 m, serta kedalaman aliran pada hulu dan hilir *flume*. Berikut penjabaran data yang diperoleh dari hasil percobaan yang telah dilakukan.

1. Dimensi *flume* dan bak penampungan

a. Dimensi *flume*

Panjang *flume* = 10,07 m

Lebar *flume* = 0,97 m

Tinggi *flume* = 0,6 m

Tinggi terjunan = 1,465 m

Luas kolam hulu *flume* = 0,6 m²

b. Dimensi bak penampungan

Panjang = 6,2667 m

Lebar = 1,9805 m

Ketinggian = 0,7264 m

2. Kecepatan aliran dengan *current meter*

Kecepatan aliran ditinjau pada tiga bagian yaitu: kanan, kiri, dan tengah saluran untuk mengetahui karakteristik aliran air pada *flume*. Data kecepatan aliran yang diperoleh dari pengamatan dengan alat *current meter* dalam satuan Hz.

Tabel 5.1 Data Kecepatan Aliran Dengan *Current Meter*

No	Slope hulu	0,0000			0,1763		
		Kecepatan (Hz)			Kecepatan (Hz)		
	Putaran	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	108	101	104	163	263	248
2		107	106	99	174	260	250
3		99	97	110	184	244	244
4		107	113	101	178	254	244
5		101	110	92	175	256	246
6		99	116	91	182	246	246
7		104	117	94	175	254	257
8		102	110	91	184	260	246
9		106	112	96	182	246	253
10		104	122	94	179	249	246
		103,7667			226,2667		
1	3	85	89	80	120	192	179
2		89	89	85	131	198	182
3		85	91	86	129	201	182
4		83	85	83	125	198	189
5		82	91	86	131	201	187
6		85	86	89	125	203	184
7		82	88	82	129	195	182
8		81	91	83	129	185	184
9		82	92	82	132	187	185
10		88	89	83	131	187	184
		85,7333			168,9000		
1	2	63	65	61	35	118	67
2		64	67	59	39	120	70
3		61	64	65	42	125	67
4		65	65	61	35	123	70
5		61	67	63	40	120	65
6		65	63	65	37	118	64
7		61	61	63	40	122	64
8		67	65	58	37	116	61
9		65	64	64	39	117	61
10		63	65	67	37	113	63
		63,5667			74,1667		

Lanjutan Tabel 5.1 Data Kecepatan Aliran Dengan *Current Meter*

No	Slope hulu Putaran	0,0000			0,1763		
		Kecepatan (Hz)			Kecepatan (Hz)		
		Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	1	22	34	18	25	34	30
2		24	34	20	24	37	29
3		20	32	22	24	34	30
4		22	34	18	25	37	29
5		20	32	20	24	34	30
6		18	34	18	22	35	29
7		20	32	20	24	37	30
8		22	34	22	25	35	29
9		20	32	20	24	37	30
10		22	34	22	25	35	29
		24,7333			29,7333		
No	Slope hulu Putaran	0,2679			0,3640		
		Kecepatan (Hz)			Kecepatan (Hz)		
		Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	230	244	254	248	287	233
2		241	229	230	239	281	238
3		227	230	244	244	281	232
4		236	222	235	246	281	236
5		230	225	227	244	284	230
6		223	229	235	241	281	232
7		225	227	246	238	282	238
8		225	233	248	246	287	235
9		232	238	241	239	281	230
10		230	238	241	241	284	232
		233,8333			253,0333		
1	3	184	196	185	184	190	182
2		180	192	184	182	196	184
3		177	189	182	180	188	182
4		177	190	189	187	192	182
5		166	192	185	180	191	180
6		175	193	182	180	194	184
7		180	190	184	184	196	186
8		182	198	180	182	190	185
9		184	196	177	180	196	188
10		182	190	178	179	192	182
		184,6333			185,9333		

Lanjutan Tabel 5.1 Data Kecepatan Aliran Dengan *Current Meter*

No	Slope hulu Putaran	0,2679			0,3640		
		Kecepatan (Hz)			Kecepatan (Hz)		
		Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	2	70	92	75	84	88	82
2		73	86	73	82	90	86
3		72	91	72	86	88	84
4		74	89	67	83	90	84
5		71	85	68	84	92	82
6		73	89	72	82	88	86
7		74	88	73	82	90	86
8		73	85	72	84	88	84
9		72	86	68	82	90	88
10		70	73	73	80	92	84
		76,6333			85,7000		
1	1	32	39	37	36	41	35
2		32	39	34	37	40	37
3		30	40	35	36	38	36
4		32	39	37	37	40	36
5		30	40	37	36	38	37
6		34	37	37	37	38	37
7		32	40	35	36	38	36
8		32	37	37	36	40	35
9		34	39	34	35	38	37
10		32	37	37	37	41	35
		35,5667			37,2000		

3. Selang waktu pelampungan

Selang waktu pelampungan didapatkan dari hasil waktu tempuh pelampung yang hanyut dari hulu ke hilir sejauh 2 m, pengamatan dilakukan pada tiga bagian yaitu kanan, kiri, dan tengah flume. berikut data waktu pelampungan yang didapatkan dari penelitian.

Tabel 5.2 Data Waktu Tempuh Pelampung

No	Slope hulu	0,0000			0,1763		
		Waktu (detik)			Waktu (detik)		
	Putaran	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	2,36	2,09	2,46	1,33	0,46	1,28
2		2,22	1,71	1,94	1,15	0,96	0,87
3		2,36	1,96	2,17	0,92	0,62	0,93
4		2,18	2,09	2,14	1,42	0,95	0,97
5		2,18	2,26	1,98	1,05	0,72	1,02
6		2,36	2,02	1,79	1,10	0,77	0,76
7		1,96	2,30	2,00	1,91	0,70	0,88
8		2,24	2,28	2,39	1,02	0,87	0,87
9		2,09	2,39	2,24	1,09	0,73	0,61
10		1,89	2,02	2,16	1,35	0,60	0,99
		2,1410			0,9633		
1	3	2,46	2,49	2,51	1,56	0,98	1,14
2		2,36	2,26	2,53	1,59	0,95	1,20
3		2,54	2,37	2,78	1,44	1,01	1,21
4		2,64	2,42	2,70	1,39	1,31	1,16
5		2,57	2,42	2,80	1,53	1,08	1,40
6		2,65	2,47	2,67	1,84	0,83	1,17
7		2,64	2,43	2,52	1,79	1,16	1,29
8		2,63	2,34	2,65	1,60	1,08	1,30
9		2,77	2,40	2,83	1,78	1,01	1,02
10		2,77	2,63	2,82	1,48	1,21	1,11
		2,5690			1,2873		
1	2	3,65	3,64	3,62	5,47	1,98	1,18
2		4,15	3,38	4,14	6,44	2,38	1,69
3		3,19	3,59	4,19	5,28	2,58	2,02
4		3,54	3,90	3,85	3,95	2,35	1,93
5		3,69	3,49	3,55	3,74	2,63	2,14
6		3,57	3,05	3,89	5,08	2,47	1,97
7		4,79	3,95	4,08	5,02	2,27	1,89
8		4,22	3,48	3,73	4,91	2,50	2,09
9		4,15	3,55	4,02	4,87	2,59	2,26
10		4,65	3,47	4,16	4,62	2,47	1,74
		3,8110			3,0837		

Lanjutan Tabel 5.2 Data Waktu Tempuh Pelampung

No	Slope hulu	0,0000			0,1763		
		Waktu (detik)			Waktu (detik)		
	Putaran	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	1	8,95	7,41	9,34	8,67	8,27	8,58
2		9,14	7,12	9,51	8,79	7,20	8,73
3		8,95	7,62	9,14	8,10	8,31	8,05
4		9,12	7,21	9,57	8,48	6,66	8,36
5		8,94	7,01	8,37	8,90	6,76	8,97
6		8,85	7,06	8,12	8,33	8,96	7,35
7		9,12	7,03	8,52	8,34	6,86	7,37
8		8,45	7,81	8,67	9,37	6,43	7,39
9		8,56	7,44	8,23	8,64	7,05	7,74
10		9,11	7,03	9,52	9,62	6,82	8,37
		8,3640			8,0490		
No	Slope hulu	0,2679			0,3640		
		Waktu (detik)			Waktu (detik)		
	Putaran	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	0,76	0,77	0,76	0,63	0,69	0,74
2		0,75	0,57	0,75	0,75	0,73	0,72
3		0,78	0,64	0,78	0,72	0,68	0,74
4		0,78	0,76	0,79	0,75	0,72	0,73
5		0,77	0,73	0,76	0,77	0,71	0,72
6		0,75	0,81	0,78	0,71	0,74	0,74
7		0,73	0,89	0,77	0,72	0,71	0,81
8		0,75	0,82	0,73	0,73	0,72	0,73
9		0,71	0,50	0,77	0,75	0,73	0,77
10		0,73	0,84	0,76	0,71	0,77	0,74
		0,7497			0,7293		
1	3	1,15	1,01	1,21	1,05	0,97	1,21
2		1,21	1,49	1,35	1,31	0,99	1,26
3		1,35	1,40	1,41	1,26	0,92	1,19
4		1,33	1,37	1,47	1,31	1,01	1,22
5		1,28	1,33	1,24	1,34	0,93	1,35
6		1,46	1,14	1,12	1,19	0,96	1,32
7		1,65	1,31	1,14	1,25	0,98	1,38
8		1,11	1,47	1,17	1,16	0,89	1,14
9		1,17	1,14	0,85	1,33	0,99	1,14
10		1,36	0,94	1,06	1,31	0,94	1,43
		1,2563			1,1577		

Lanjutan Tabel 5.2 Data Waktu Tempuh Pelampung

No	Slope hulu	0,2679			0,3640		
		Waktu (detik)			Waktu (detik)		
	Putaran	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	2	2,23	1,64	2,05	2,34	1,99	2,21
2		2,75	1,59	2,37	2,34	1,24	2,33
3		2,75	1,59	2,46	2,41	1,56	2,42
4		2,94	1,93	2,06	2,43	1,62	2,29
5		2,44	2,58	2,30	2,13	1,45	2,47
6		2,85	2,91	2,43	2,45	2,02	2,56
7		3,03	1,93	2,39	2,15	2,23	2,43
8		2,44	2,51	2,48	2,25	1,97	2,56
9		2,08	2,38	2,52	2,45	1,67	2,76
10		2,62	2,35	2,15	2,21	1,88	2,39
		2,3583			2,1737		
1	1	7,47	8,02	8,30	7,24	6,42	7,84
2		7,51	6,97	7,04	6,96	6,15	7,45
3		7,54	7,77	6,76	7,02	6,42	7,45
4		7,48	5,94	7,81	6,89	6,02	8,42
5		7,69	7,15	6,94	7,45	5,27	7,13
6		7,28	6,37	7,11	7,77	6,75	7,03
7		8,37	6,59	6,74	6,34	6,45	7,52
8		8,60	6,08	6,61	7,14	6,41	7,09
9		8,04	5,92	7,51	6,91	6,19	6,99
10		8,17	6,02	7,86	6,86	5,96	7,05
		7,2553			6,8863		

4. Waktu penampungan dengan *volumetric*

Waktu penampungan dihitung setiap 5 cm penambahan tinggi muka air pada kolam penampungan.

Tabel 5.3 Data Waktu Penampungan

No	<i>Slope</i> hulu	0,0000	0,1763	0,2679	0,3640
	Putaran	Waktu (detik)	Waktu (detik)	Waktu (detik)	Waktu (detik)
1	4	15,39	16,21	15,49	17,21
2		16,06	16,82	15,65	17,55
3		16,19	16,25	16,71	17,61
4		17,23	16,64	17,86	17,18
5		15,76	17,01	16,72	17,02
6		17,36	16,92	15,55	17,70
7		16,17	16,60	15,65	17,59
8		15,10	15,27	15,51	17,88
9		15,56	16,32	15,85	17,03
10		15,84	14,85	17,66	17,92
		16,0660	16,2890	16,2650	17,4690
1	3	26,60	25,31	27,26	24,11
2		25,28	25,21	26,60	24,66
3		24,86	24,95	28,71	27,81
4		24,67	26,83	27,32	26,62
5		24,22	24,13	26,01	29,80
6		23,78	24,35	25,67	27,26
7		22,03	26,26	27,62	25,49
8		24,50	22,80	25,14	26,78
9		26,40	27,87	25,19	28,48
10		23,02	22,72	26,89	26,52
		24,5360	25,0430	26,6410	26,7530
1	2	51,72	52,51	53,51	59,59
2		52,01	51,05	56,89	60,64
3		53,85	55,19	56,83	59,07
4		51,27	51,16	54,29	59,02
5		51,36	54,48	54,32	59,28
6		52,92	51,96	54,32	59,83
7		51,28	52,53	55,34	61,40
8		54,22	52,83	54,03	61,12
9		54,38	54,51	53,01	61,87
10		51,30	51,92	54,57	61,53
		52,4310	52,8140	54,7110	60,3350

Lanjutan Tabel 5.3 Data Waktu Penampungan

No	Slope hulu Putaran	0,0000	0,1763	0,2679	0,3640
		Waktu (detik)	Waktu (detik)	Waktu (detik)	Waktu (detik)
1	1	236,00	234,70	191,50	192,42
2		236,20	235,05	195,01	191,52
3		235,39	237,19	191,51	192,20
4		231,30	233,12	195,97	192,56
5		235,24	234,51	193,22	191,22
6		233,89	235,81	194,11	193,42
7		236,37	236,15	194,91	192,01
8		233,99	233,52	195,58	191,99
9		235,19	235,21	195,44	192,08
10		236,05	232,78	194,06	191,79
		234,9620	234,8040	194,1310	192,1210

5. Kedalaman aliran pada hulu dan hilir flume

Kedalaman aliran diukur pada hulu dan hilir sisi kiri, tengah dan kanan aliran. Berikut merupakan data kedalaman aliran yang telah didapatkan.

Tabel 5.4 Data Kedalaman Aliran Pada Flume

No	Slope hulu Putaran	0,0000			0,1763		
		Kedalaman Air (m)			Kedalaman Air (m)		
		Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	0,0530	0,0500	0,0520	0,0270	0,0230	0,0250
2		0,0600	0,0590	0,0600	0,0290	0,0280	0,0280
Rata-Rata		0,0557			0,0267		
1	3	0,0380	0,0370	0,0390	0,0230	0,0230	0,0250
2		0,0440	0,0440	0,0480	0,0250	0,0250	0,0310
Rata-Rata		0,0417			0,0253		
1	2	0,0230	0,0210	0,0230	0,0300	0,0240	0,0350
2		0,0290	0,0280	0,0320	0,0180	0,0150	0,0170
Rata-Rata		0,0260			0,0232		
1	1	0,0210	0,0180	0,0200	0,0180	0,0130	0,0170
2		0,0140	0,0070	0,0170	0,0160	0,0150	0,0160
Rata-Rata		0,0162			0,0158		

Lanjutan Tabel 5.4 Data Kedalaman Aliran Pada Flume

No	<i>Slope hulu</i>	0,2679			0,3640		
	Putaran	Kedalaman Air (m)			Kedalaman Air (m)		
		Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan
1	4	0,0260	0,0230	0,0250	0,0240	0,0250	0,0240
2		0,0290	0,0250	0,0290	0,0260	0,0250	0,0270
Rata-Rata		0,0262			0,0252		
1	3	0,0200	0,0200	0,0190	0,0240	0,0210	0,0240
2		0,0260	0,0280	0,0280	0,0230	0,0220	0,0230
Rata-Rata		0,0235			0,0228		
1	2	0,0180	0,0240	0,0150	0,0200	0,0180	0,0190
2		0,0260	0,0250	0,0300	0,0210	0,0190	0,0200
Rata-Rata		0,0230			0,0195		
1	1	0,0160	0,0140	0,0140	0,0140	0,0130	0,0140
2		0,0150	0,0130	0,0150	0,0150	0,0130	0,0150
Rata-Rata		0,0145			0,0140		

5.2 Analisis Data

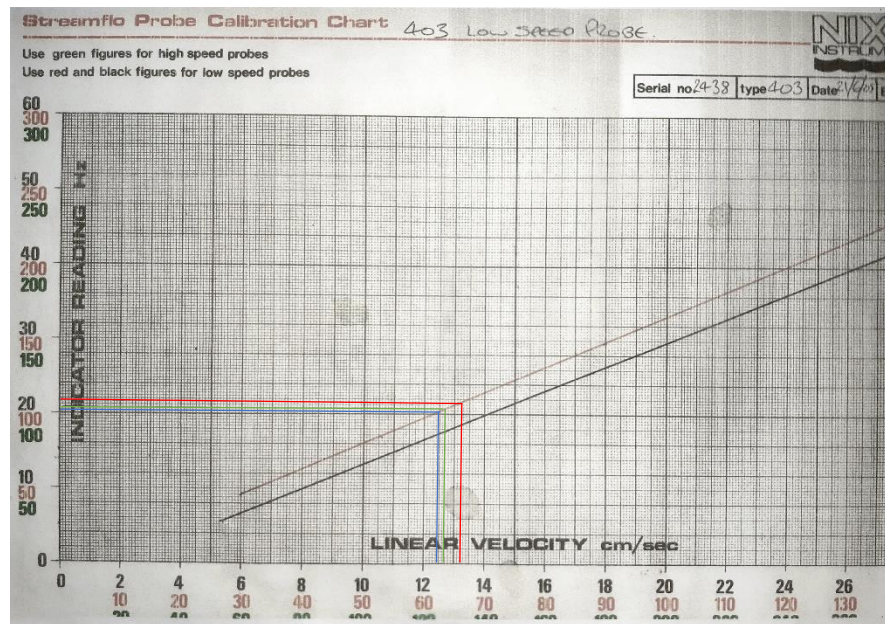
Data yang diperoleh dari penelitian dianalisis sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian. Analisis dilakukan sampai didapatkan informasi mengenai karakteristik data yang mudah dipahami dan bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan. Penjabaran analisis data akan disajikan dalam satu sample perhitungan, sedangkan perhitungan lain akan disajikan dalam bentuk tabel rekapitulasi.

5.2.1 Analisis Debit Aliran dengan *Current Meter*

Contoh perhitungan debit *current meter* adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan aliran *current meter*.

Kecepatan aliran dengan *current meter* didapatkan dengan cara mengkonversi data kecepatan hasil pengamatan menggunkan *current meter* dari satuan Hz menjadi cm/sec dengan bantuan tabel kalibrasi (*streamflow probe calibration chart*). Gambar 5.1 merupakan salah satu contoh mencari kecepatan aliran pada variasi kemiringan 0° dan 4 putaran pintu air dengan data yang diperoleh dari penelitian yaitu 108 Hz pada bagian kiri, 101 Hz pada bagian tengah, dan 104 Hz pada bagian kanan.



Gambar 5.1 Streamflow Probe Calibration Chart

Dari Gambar 5.1 didapatkan kecepatan aliran variasi kemiringan 0° dan 4 putaran pintu air pada data 1 sebesar 66 cm/detik pada bagian kiri, 62 cm/detik pada bagian tengah, dan 63,5 cm/detik pada bagian kanan, selanjutnya kecepatan aliran dikonversi dalam satuan m/detik. Rekapitulasi kecepatan aliran pada variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.5 Kecepatan Aliran *Current Meter*

Data ke-	Kecepatan (m/detik)		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	0,6600	0,6200	0,6350
2	0,6550	0,6450	0,6050
3	0,6050	0,5950	0,6700
4	0,6550	0,6850	0,6200
5	0,6200	0,6700	0,5650
6	0,6050	0,7050	0,5600
7	0,6350	0,7100	0,5800
8	0,6250	0,6700	0,5600
9	0,6450	0,6800	0,5900
10	0,6350	0,7400	0,5800
Rata-Rata	0,6340	0,6720	0,5965
	0,6342		

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,0607}$$

$$SD = 0,0457$$

2. Luas penampang aliran flume.

Dari penelitian didapatkan data kedalaman aliran hulu dan hilir yang ditinjau pada setiap variasi. Selanjutnya untuk menentukan luas penampang aliran (A), data kedalaman aliran (h) tiap variasi dirata – rata dan dikalikan dengan lebar saluran flume (L). Berikut contoh perhitungan luas penampang aliran flume pada variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air, dengan data kedalaman aliran rata – rata (h) sebesar 5,6667 cm dan lebar saluran flume (L) sebesar 0,97 m.

$$A = h \times L$$

$$A = 0,0557 \times 0,97$$

$$A = 0,0540 \text{ m}^2$$

3. Debit aliran *current meter*.

Debit aliran dengan *current meter* (Q) didapatkan dari perkalian kecepatan aliran (V) hasil konversi sebelumnya dengan luas penampang aliran flume (A). Berikut contoh perhitungan debit aliran *current meter* dengan variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air.

a. Debit bagian kiri aliran,

$$Q_1 = A \times V_1$$

$$Q_1 = 0,0540 \times 0,6600$$

$$Q_1 = 0,03564 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Debit bagian tengah aliran.

$$Q_2 = A \times V_2$$

$$Q_2 = 0,0540 \times 0,6200$$

$$Q_2 = 0,03348 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Debit bagian kanan aliran.

$$Q_3 = A \times V_3$$

$$Q_3 = 0,0540 \times 0,6350$$

$$Q_3 = 0,03429 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 5.6 Debit Aliran *Current Meter*

Data ke-	Debit (m ³ /detik)		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	0,03564	0,03348	0,03429
2	0,03537	0,03483	0,03267
3	0,03267	0,03213	0,03618
4	0,03537	0,03699	0,03348
5	0,03348	0,03618	0,03051
6	0,03267	0,03807	0,03024
7	0,03429	0,03834	0,03132
8	0,03375	0,03618	0,03024
9	0,03483	0,03672	0,03186
10	0,03429	0,03996	0,03132
Rata-Rata	0,03423	0,03629	0,03221
	0,03424		

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,00018}$$

$$SD = 0,00247$$

4. Bilangan froude *current meter*

Bilangan froude dengan *current meter* didapatkan dari penyelesaian menggunakan Persamaan (3.24). Berikut perhitungan bilangan froude *current meter* berdasarkan data yang sudah didapatkan pada variasi *slope* 0,0000 dan bukaan kran air sebanyak 4 putaran.

a. Bilangan froude aliran bagian kiri saluran

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_1 = \frac{0,6600}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_1 = 0,8931$$

b. Bilangan froude aliran bagian tengah saluran

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_2 = \frac{0,6200}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_2 = 0,8390$$

c. Bilangan froude aliran bagian kanan saluran

$$Fr_3 = \frac{V_3}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_3 = \frac{0,6350}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_3 = 0,8593$$

Tabel 5.7 Bilangan Froude Current Meter

Data ke-	Bilangan Froude		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	0,8931	0,8390	0,8593
2	0,8864	0,8728	0,8187
3	0,8187	0,8052	0,9067
4	0,8864	0,9270	0,8390
5	0,8390	0,9067	0,7646
6	0,8187	0,9540	0,7578
7	0,8593	0,9608	0,7849
8	0,8458	0,9067	0,7578
9	0,8728	0,9202	0,7984
10	0,8593	1,0014	0,7849
Rata-Rata	0,8579	0,9094	0,8072
	0,8582		

5.2.2 Analisis Debit Aliran dengan Pelampung

Contoh perhitungan debit aliran dengan pelampung adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan aliran dengan pelampung.

Kecepatan aliran (V) dengan pelampung didapatkan dari data panjang lintasan pengamatan (L) dibagi dengan waktu yang diperlukan pelampung melewati lintasan pengamatan (t). Berikut contoh perhitungan kecepatan aliran berdasarkan data yang sudah didapatkan pada variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air.

a. Kecepatan aliran bagian Kiri

$$V_1 = \frac{L}{t_1}$$

$$V_1 = \frac{2}{2,36}$$

$$V_1 = 0,8475 \text{ m/detik}$$

b. Kecepatan aliran bagian Tengah

$$V_2 = \frac{L}{t_2}$$

$$V_2 = \frac{2}{2,09}$$

$$V_2 = 0,9569 \text{ m/detik}$$

c. Kecepatan aliran bagian Kanan

$$V_3 = \frac{L}{t_3}$$

$$V_3 = \frac{2}{2,46}$$

$$V_3 = 0,8130 \text{ m/detik}$$

Tabel 5.8 Kecepatan Aliran Pelampung

Data ke-	Kecepatan (m/detik)		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	0,8475	0,9569	0,8130
2	0,9009	1,1696	1,0309
3	0,8475	1,0204	0,9217
4	0,9174	0,9569	0,9346
5	0,9174	0,8850	1,0101
6	0,8475	0,9901	1,1173
7	1,0204	0,8696	1,0000
8	0,8929	0,8772	0,8368
9	0,9569	0,8368	0,8929
10	1,0582	0,9901	0,9259
Rata-Rata	0,9207	0,9553	0,9483
	0,9414		

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,2163}$$

$$SD = 0,0864$$

2. Debit aliran dengan pelampung

Debit aliran dengan pelampung (Q) didapatkan dari perkalian kecepatan aliran (V) hasil perhitungan sebelumnya dengan luas penampang aliran flume (A). Berikut contoh perhitungan debit aliran *current meter* dengan variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air.

a. Debit bagian kiri aliran,

$$Q_1 = A \times V_1$$

$$Q_1 = 0,0540 \times 0,85$$

$$Q_1 = 0,04576 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Debit bagian tengah aliran.

$$Q_2 = A \times V_2$$

$$Q_2 = 0,0540 \times 0,96$$

$$Q_2 = 0,05167 \text{ m}^3/\text{detik}$$

c. Debit bagian kanan aliran.

$$Q_3 = A \times V_3$$

$$Q_3 = 0,0540 \times 0,81$$

$$Q_3 = 0,04390 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 5.9 Debit Aliran Pelampung

Data ke-	Debit (m ³ /detik)		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	0,04576	0,05167	0,04390
2	0,04865	0,06315	0,05567
3	0,04576	0,05510	0,04977
4	0,04954	0,05167	0,05046
5	0,04954	0,04778	0,05454
6	0,04576	0,05346	0,06033
7	0,05510	0,04695	0,05400
8	0,04821	0,04737	0,04519
9	0,05167	0,04519	0,04821
10	0,05714	0,05346	0,05000
Rata-Rata	0,04971	0,05158	0,05121
	0,05083		

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,00063}$$

$$SD = 0,00466$$

3. Bilangan froude pelampung

Bilangan froude dengan pelampung didapatkan dari penyelesaian menggunakan Persamaan (3.24). Berikut perhitungan bilangan froude *volumetric* berdasarkan data yang sudah didapatkan pada variasi *slope* 0,0000 dan bukaan kran air sebanyak 4 putaran.

a. Bilangan froude aliran bagian kiri saluran

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_1 = \frac{0,8475}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_1 = 1,1468$$

b. Bilangan froude aliran bagian tengah saluran

$$Fr_2 = \frac{V_2}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_2 = \frac{0,9569}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_2 = 1,2949$$

c. Bilangan froude aliran bagian kanan saluran

$$Fr_3 = \frac{V_3}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_3 = \frac{0,8130}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_3 = 1,1002$$

Tabel 5.10 Bilangan Froude Pelampung

Data ke-	Bilangan Froude		
	Kiri	Tengah	Kanan
1	1,1468	1,2949	1,1002
2	1,2191	1,5827	1,3951
3	1,1468	1,3808	1,2472
4	1,2415	1,2949	1,2647
5	1,2415	1,1975	1,3669
6	1,1468	1,3398	1,5120
7	1,3808	1,1767	1,3532
8	1,2082	1,1870	1,1324
9	1,2949	1,1324	1,2082
10	1,4320	1,3398	1,2530
Rata-Rata	1,2458	1,2927	1,2833
	1,2739		

5.2.3 Analisis Debit Aliran dengan Kolam Penampungan (*Volumetric*)

Contoh perhitungan debit aliran dengan kolam penampungan (*volumetri*) adalah sebagai berikut.

1. Volume penampungan

Volume penampungan (V) didapatkan dari perkalian antara panjang kolam penampungan (P), lebar kolam penampungan (l), dan tinggi muka air yang diamati (t). Pada penelitian ini waktu penampungan dicatat setiap penambahan tinggi muka air 5 cm, oleh karena itu volume tertampung sama besarnya pada setiap variasi. Berikut merupakan perhitungan volume tertampung.

$$v = p \times l \times h$$

$$v = 6,2667 \times 1,9805 \times 0,05$$

$$v = 0,6206 \text{ m}^3$$

2. Debit aliran *volumetric*

Debit aliran (Q) dengan penampungan (*volumetric*) didapatkan dari hasil perbandingan antara volume penampungan (v) dengan waktu penampungan (T). Setelah didapatkan volume tertampung maka debit dapat dihitung,

berikut merupakan contoh perhitungan debit aliran *volumetric* dengan variasi *slope* 0,0000 dan 4 putaran pintu air.

$$Q_1 = \frac{v}{T_1}$$

$$Q_1 = \frac{0,6206}{15,39}$$

$$Q_1 = 0,04032 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 5.11 Debit Aliran *Volumetric*

Data ke-	Debit (m ³ /detik)
1	0,04032
2	0,03864
3	0,03833
4	0,03602
5	0,03938
6	0,03575
7	0,03838
8	0,04110
9	0,03988
10	0,03918
Rata-Rata	0,03870

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,00003}$$

$$SD = 0,00172$$

3. Kecepatan Aliran Kolam Penampungan (*Volumetric*)

Kecepatan aliran (V) dengan penampungan (*volumetric*) didapatkan dari hasil perbandingan antara debit (Q) dengan luas penampang aliran (A). Berikut perhitungan kecepatan aliran *volumetric* berdasarkan data yang sudah didapatkan pada variasi *slope* 0,0000 dan bukaan kran air sebanyak 4 putaran.

$$V_1 = \frac{Q_1}{A}$$

$$V_1 = \frac{0,04032}{0,0540}$$

$$V_1 = 0,7468 \text{ m/detik}$$

Tabel 5.12 Kecepatan Aliran Volumetric

Data ke-	Kecepatan (m/detik)
1	0,7468
2	0,7156
3	0,7099
4	0,6670
5	0,7292
6	0,6620
7	0,7107
8	0,7611
9	0,7386
10	0,7255
Rata-Rata	0,7166

Perhitungan standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1}{30-1} \times 0,0091}$$

$$SD = 0,03185$$

4. Bilangan Froude Kolam Penampungan (*Volumetric*)

Bilangan froude *volumetric* didapatkan dari penyelesaian menggunakan Persamaan (3.25). Berikut perhitungan bilangan froude *volumetric* berdasarkan data yang sudah didapatkan pada variasi *slope* 0,0000 dan putaran kran air sebanyak 4 putaran.

$$Fr_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gD}}$$

$$Fr_1 = \frac{0,7468}{\sqrt{9,81 \times 0,0557}}$$

$$Fr_1 = 1,0105$$

Tabel 5.13 Bilangan Froude Volumetric

Data ke-	Bilangan Froude
1	1,0105
2	0,9684
3	0,9606
4	0,9026
5	0,9868
6	0,8958
7	0,9618
8	1,0299
9	0,9995
10	0,9818
Rata-Rata	0,9698

5.2.4 Rekapitulasi Perhitungan

1. Rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran

Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,0000 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,5250	0,5500	0,5000	0,8130	0,8032	0,7968	0,5772
2	0,5500	0,5500	0,5300	0,8475	0,8850	0,7905	0,6074
3	0,5250	0,5600	0,5350	0,7874	0,8439	0,7194	0,6176
4	0,5150	0,5300	0,5150	0,7576	0,8264	0,7407	0,6224
5	0,5100	0,5600	0,5350	0,7782	0,8264	0,7143	0,6339
6	0,5250	0,5350	0,5500	0,7547	0,8097	0,7491	0,6457
7	0,5100	0,5450	0,5100	0,7576	0,8230	0,7937	0,6970
8	0,5050	0,5600	0,5150	0,7605	0,8547	0,7547	0,6267
9	0,5100	0,5700	0,5100	0,7220	0,8333	0,7067	0,5816
10	0,5450	0,5500	0,5150	0,7220	0,7605	0,7092	0,6670
Rata-Rata	0,522	0,551	0,5215	0,7700	0,8266	0,7475	
	0,5315			0,7814			0,6276
Standar Deviasi	0,0197			0,0484			0,0364
Slope hulu 0,0000 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,4000	0,4100	0,3900	0,5479	0,5495	0,5525	0,4757
2	0,4050	0,4250	0,3800	0,4819	0,5917	0,4831	0,4731
3	0,3900	0,4050	0,4100	0,6270	0,5571	0,4773	0,4569
4	0,4100	0,4100	0,3900	0,5650	0,5128	0,5195	0,4799
5	0,3900	0,4250	0,4000	0,5420	0,5731	0,5634	0,4791
6	0,4100	0,4000	0,4100	0,5602	0,6557	0,5141	0,4650
7	0,3900	0,3900	0,4000	0,4175	0,5063	0,4902	0,4798
8	0,4200	0,4100	0,3700	0,4739	0,5747	0,5362	0,4538
9	0,4100	0,4050	0,4050	0,4819	0,5634	0,4975	0,4525
10	0,4000	0,4100	0,4200	0,4301	0,5764	0,4808	0,4796
Rata-Rata	0,4025	0,409	0,3975	0,5128	0,5661	0,5115	
	0,4030			0,5301			0,4696
Standar Deviasi	0,0127			0,0535			0,0114

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,0000 dan Buka Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,1530	0,2250	0,1280	0,2235	0,2699	0,2141	0,1677
2	0,1650	0,2250	0,1410	0,2188	0,2809	0,2103	0,1675
3	0,1410	0,2130	0,1530	0,2235	0,2625	0,2188	0,1681
4	0,1530	0,2250	0,1280	0,2193	0,2774	0,2090	0,1711
5	0,1410	0,2130	0,1410	0,2237	0,2853	0,2389	0,1682
6	0,1280	0,2250	0,1280	0,2260	0,2833	0,2463	0,1692
7	0,1410	0,2130	0,1410	0,2193	0,2845	0,2347	0,1674
8	0,1530	0,2250	0,1530	0,2367	0,2561	0,2307	0,1691
9	0,1410	0,2130	0,1410	0,2336	0,2688	0,2430	0,1683
10	0,1530	0,2250	0,1530	0,2195	0,2845	0,2101	0,1676
Rata-Rata	0,1469	0,2202	0,1407	0,2244	0,2753	0,2256	
	0,1693			0,2418			0,1684
Standar Deviasi	0,0378			0,0264			0,0011
Slope hulu 0,1763 dan Buka Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,9800	1,5600	1,4750	1,5038	4,3478	1,5625	1,4800
2	1,0450	1,5450	1,4850	1,7391	2,0833	2,2989	1,4263
3	1,1000	1,4500	1,4500	2,1739	3,2258	2,1505	1,4763
4	1,0700	1,5100	1,4500	1,4085	2,1053	2,0619	1,4417
5	1,0500	1,5200	1,4600	1,9048	2,7778	1,9608	1,4104
6	1,0900	1,4600	1,4600	1,8182	2,5974	2,6316	1,4179
7	1,0500	1,5100	1,5250	1,0471	2,8571	2,2727	1,4452
8	1,1000	1,5450	1,4600	1,9608	2,2989	2,2989	1,5711
9	1,0900	1,4650	1,5000	1,8349	2,7397	3,2787	1,4700
10	1,0750	1,4800	1,4600	1,4815	3,3333	2,0202	1,6155
Rata-Rata	1,065	1,5045	1,4725	1,6872	2,8366	2,2537	
	1,3473			2,2592			1,4755
Standar Deviasi	0,2061			0,6842			0,0674

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,7300	1,1500	1,0750	1,2821	2,0408	1,7544	0,9978
2	0,7950	1,1800	1,0900	1,2579	2,1053	1,6667	1,0017
3	0,7850	1,2000	1,0900	1,3889	1,9802	1,6529	1,0122
4	0,7600	1,1800	1,1300	1,4388	1,5267	1,7241	0,9412
5	0,7950	1,2000	1,1200	1,3072	1,8519	1,4286	1,0466
6	0,7600	1,2100	1,1000	1,0870	2,4096	1,7094	1,0371
7	0,7800	1,1650	1,0900	1,1173	1,7241	1,5504	0,9617
8	0,7800	1,1100	1,1000	1,2500	1,8519	1,5385	1,1076
9	0,8000	1,1200	1,1100	1,1236	1,9802	1,9608	0,9061
10	0,7950	1,1200	1,1000	1,3514	1,6529	1,8018	1,1115
Rata-Rata	0,778	1,1635	1,1005	1,2604	1,9124	1,6787	
	1,0140			1,6172			1,0123
Standar Deviasi	0,1736			0,3260			0,0666
Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,2400	0,7200	0,4250	0,3656	1,0101	1,6949	0,5259
2	0,2600	0,7300	0,4400	0,3106	0,8403	1,1834	0,5409
3	0,2750	0,7600	0,4250	0,3788	0,7752	0,9901	0,5004
4	0,2400	0,7500	0,4400	0,5063	0,8511	1,0363	0,5398
5	0,2650	0,7300	0,4100	0,5348	0,7605	0,9346	0,5069
6	0,2500	0,7200	0,4050	0,3937	0,8097	1,0152	0,5315
7	0,2650	0,7400	0,4050	0,3984	0,8811	1,0582	0,5257
8	0,2500	0,7100	0,3900	0,4073	0,8000	0,9569	0,5227
9	0,2600	0,7150	0,3900	0,4107	0,7722	0,8850	0,5066
10	0,2500	0,6900	0,4000	0,4329	0,8097	1,1494	0,5319
Rata-Rata	0,2555	0,7265	0,413	0,4139	0,8310	1,0904	
	0,4650			0,7784			0,5232
Standar Deviasi	0,1998			0,3161			0,0142

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,1763 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,1710	0,2250	0,2010	0,2307	0,2418	0,2331	0,1722
2	0,1650	0,2440	0,1950	0,2275	0,2778	0,2291	0,1719
3	0,1650	0,2250	0,2010	0,2469	0,2407	0,2484	0,1703
4	0,1710	0,2440	0,1950	0,2358	0,3003	0,2392	0,1733
5	0,1650	0,2250	0,2010	0,2247	0,2959	0,2230	0,1723
6	0,1530	0,2320	0,1950	0,2401	0,2232	0,2721	0,1713
7	0,1650	0,2440	0,2010	0,2398	0,2915	0,2714	0,1711
8	0,1710	0,2320	0,1950	0,2134	0,3110	0,2706	0,1730
9	0,1650	0,2440	0,2010	0,2315	0,2837	0,2584	0,1718
10	0,1710	0,2320	0,1950	0,2079	0,2933	0,2389	0,1736
Rata-Rata	0,1662	0,2347	0,198	0,2298	0,2759	0,2484	
	0,1996			0,2514			0,1721
Standar Deviasi	0,0291			0,0283			0,0010
Slope hulu 0,2679 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	1,3700	1,4500	1,5100	2,6316	2,5974	2,6316	1,5784
2	1,4350	1,3650	1,3700	2,6667	3,5088	2,6667	1,5622
3	1,3500	1,3700	1,4500	2,5641	3,1250	2,5641	1,4631
4	1,4000	1,3250	1,4000	2,5641	2,6316	2,5316	1,3689
5	1,3700	1,3400	1,3500	2,5974	2,7397	2,6316	1,4623
6	1,3300	1,3650	1,4000	2,6667	2,4691	2,5641	1,5723
7	1,3400	1,3500	1,4600	2,7397	2,2472	2,5974	1,5622
8	1,3400	1,3850	1,4750	2,6667	2,4390	2,7397	1,5763
9	1,3800	1,4150	1,4150	2,8169	4,0000	2,5974	1,5425
10	1,3700	1,4150	1,4150	2,7397	2,3810	2,6316	1,3844
Rata-Rata	1,3685	1,378	1,4245	2,6654	2,8139	2,6156	
	1,3903			2,6983			1,5073
Standar Deviasi	0,0463			0,3293			0,0813

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	1,1000	1,1700	1,1050	1,7391	1,9802	1,6529	0,9987
2	1,0800	1,1500	1,1000	1,6529	1,3423	1,4815	1,0234
3	1,0600	1,1300	1,0900	1,4815	1,4286	1,4184	0,9482
4	1,0600	1,1350	1,1300	1,5038	1,4599	1,3605	0,9965
5	1,0000	1,1500	1,1050	1,5625	1,5038	1,6129	1,0467
6	1,0500	1,1550	1,0900	1,3699	1,7544	1,7857	1,0605
7	1,0800	1,1400	1,1000	1,2121	1,5267	1,7544	0,9856
8	1,0900	1,1800	1,0800	1,8018	1,3605	1,7094	1,0829
9	1,1000	1,1700	1,0600	1,7094	1,7544	2,3529	1,0807
10	1,0900	1,1350	1,0650	1,4706	2,1277	1,8868	1,0124
Rata-Rata	1,071	1,1515	1,0925	1,5504	1,6238	1,7015	
	1,1050			1,6252			1,0236
Standar Deviasi	0,0413			0,2481			0,0438
Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,4450	0,5700	0,4700	0,8969	1,2195	0,9756	0,5198
2	0,4600	0,5350	0,4600	0,7273	1,2579	0,8439	0,4889
3	0,4550	0,5650	0,4550	0,7273	1,2579	0,8130	0,4894
4	0,4650	0,5500	0,4250	0,6803	1,0363	0,9709	0,5123
5	0,4500	0,5300	0,4300	0,8197	0,7752	0,8696	0,5121
6	0,4600	0,5500	0,4550	0,7018	0,6873	0,8230	0,5121
7	0,4650	0,5450	0,4600	0,6601	1,0363	0,8368	0,5026
8	0,4600	0,5300	0,4550	0,8197	0,7968	0,8065	0,5148
9	0,4550	0,5350	0,4300	0,9615	0,8403	0,7937	0,5247
10	0,4450	0,4600	0,4600	0,7634	0,8511	0,9302	0,5097
Rata-Rata	0,456	0,537	0,45	0,7758	0,9758	0,8663	
	0,4810			0,8726			0,5087
Standar Deviasi	0,0448			0,1602			0,0118

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,2679 dan Buka Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,2130	0,2550	0,2440	0,2677	0,2494	0,2410	0,2304
2	0,2130	0,2550	0,2250	0,2663	0,2869	0,2841	0,2262
3	0,2010	0,2620	0,2320	0,2653	0,2574	0,2959	0,2304
4	0,2130	0,2550	0,2440	0,2674	0,3367	0,2561	0,2251
5	0,2010	0,2620	0,2440	0,2601	0,2797	0,2882	0,2283
6	0,2250	0,2440	0,2440	0,2747	0,3140	0,2813	0,2273
7	0,2130	0,2620	0,2320	0,2389	0,3035	0,2967	0,2264
8	0,2130	0,2440	0,2440	0,2326	0,3289	0,3026	0,2256
9	0,2250	0,2550	0,2250	0,2488	0,3378	0,2663	0,2258
10	0,2130	0,2440	0,2440	0,2448	0,3322	0,2545	0,2274
Rata-Rata	0,213	0,2538	0,2378	0,2567	0,3027	0,2767	
	0,2349			0,2787			0,2273
Standar Deviasi	0,0187			0,0300			0,0019
Slope hulu 0,3640 dan Buka Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliran (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	1,4750	1,7000	1,3850	3,1746	2,8986	2,7027	1,4771
2	1,4200	1,6650	1,4150	2,6667	2,7397	2,7778	1,4485
3	1,4500	1,6650	1,3800	2,7778	2,9412	2,7027	1,4435
4	1,4600	1,6650	1,4050	2,6667	2,7778	2,7397	1,4797
5	1,4500	1,6800	1,3700	2,5974	2,8169	2,7778	1,4936
6	1,4350	1,6650	1,3800	2,8169	2,7027	2,7027	1,4362
7	1,4150	1,6700	1,4150	2,7778	2,8169	2,4691	1,4452
8	1,4600	1,7000	1,4000	2,7397	2,7778	2,7397	1,4217
9	1,4200	1,6650	1,3700	2,6667	2,7397	2,5974	1,4927
10	1,4350	1,6800	1,3800	2,8169	2,5974	2,7027	1,4186
Rata-Rata	1,442	1,6755	1,39	2,7701	2,7809	2,6912	
	1,5025			2,7474			1,4557
Standar Deviasi	0,1274			0,1235			0,0280

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,3640 dan Bukaak Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	1,1000	1,1350	1,0900	1,9048	2,0619	1,6529	1,1621
2	1,0900	1,1700	1,1000	1,5267	2,0202	1,5873	1,1362
3	1,0800	1,1250	1,0900	1,5873	2,1739	1,6807	1,0075
4	1,1200	1,1500	1,0900	1,5267	1,9802	1,6393	1,0525
5	1,0800	1,1450	1,0800	1,4925	2,1505	1,4815	0,9402
6	1,0800	1,1600	1,1000	1,6807	2,0833	1,5152	1,0278
7	1,1000	1,1700	1,1100	1,6000	2,0408	1,4493	1,0992
8	1,0900	1,1350	1,1050	1,7241	2,2472	1,7544	1,0462
9	1,0800	1,1700	1,1250	1,5038	2,0202	1,7544	0,9838
10	1,0750	1,1450	1,0900	1,5267	2,1277	1,3986	1,0565
Rata-Rata	1,0895	1,1505	1,098	1,6073	2,0906	1,5913	
	1,1127			1,7631			1,0512
Standar Deviasi	0,0308			0,2604			0,0677
Slope hulu 0,3640 dan Bukaak Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraaan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,5200	0,5450	0,5100	0,8547	1,0050	0,9050	0,5506
2	0,5100	0,5550	0,5300	0,8547	1,6129	0,8584	0,5410
3	0,5300	0,5450	0,5200	0,8299	1,2821	0,8264	0,5554
4	0,5150	0,5550	0,5200	0,8230	1,2346	0,8734	0,5559
5	0,5200	0,5700	0,5100	0,9390	1,3793	0,8097	0,5534
6	0,5100	0,5460	0,5300	0,8163	0,9901	0,7813	0,5483
7	0,5100	0,5550	0,5300	0,9302	0,8969	0,8230	0,5343
8	0,5200	0,5450	0,5300	0,8889	1,0152	0,7813	0,5368
9	0,5100	0,5750	0,5450	0,8163	1,1976	0,7246	0,5303
10	0,5000	0,5700	0,5200	0,9050	1,0638	0,8368	0,5332
Rata-Rata	0,5145	0,5561	0,5245	0,8658	1,1677	0,8220	
	0,5317			0,9518			0,5439
Standar Deviasi	0,0206			0,2017			0,0099

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Kecepatan Aliran

Slope hulu 0,3640 dan Buka an Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Kecepatan Aliraan (m/detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,2380	0,2680	0,2320	0,2762	0,3115	0,2551	0,2375
2	0,2440	0,2620	0,2440	0,2874	0,3252	0,2685	0,2386
3	0,2380	0,2500	0,2380	0,2849	0,3115	0,2685	0,2378
4	0,2440	0,2620	0,2380	0,2903	0,3322	0,2375	0,2373
5	0,2380	0,2500	0,2440	0,2685	0,3795	0,2805	0,2390
6	0,2440	0,2500	0,2440	0,2574	0,2963	0,2845	0,2363
7	0,2380	0,2500	0,2380	0,3155	0,3101	0,2660	0,2380
8	0,2380	0,2620	0,2320	0,2801	0,3120	0,2821	0,2380
9	0,2320	0,2500	0,2440	0,2894	0,3231	0,2861	0,2379
10	0,2440	0,2680	0,2320	0,2915	0,3356	0,2837	0,2383
Rata-Rata	0,2398	0,2572	0,2386	0,2841	0,3237	0,2712	
	0,2452			0,2930			0,2379
Standar Deviasi	0,0104			0,0288			0,0007

2. Rekapitulasi perhitungan debit aliran

Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,0000 dan Buka an Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,02122	0,02223	0,02021	0,03286	0,03246	0,03220	0,02333
2	0,02223	0,02223	0,02142	0,03425	0,03577	0,03195	0,02455
3	0,02122	0,02263	0,02162	0,03182	0,03411	0,02908	0,02496
4	0,02081	0,02142	0,02081	0,03062	0,03340	0,02994	0,02515
5	0,02061	0,02263	0,02162	0,03145	0,03340	0,02887	0,02562
6	0,02122	0,02162	0,02223	0,03050	0,03273	0,03027	0,02610
7	0,02061	0,02203	0,02061	0,03062	0,03326	0,03208	0,02817
8	0,02041	0,02263	0,02081	0,03074	0,03454	0,03050	0,02533
9	0,02061	0,02304	0,02061	0,02918	0,03368	0,02856	0,02351
10	0,02203	0,02223	0,02081	0,02918	0,03074	0,02866	0,02696
Rata-Rata	0,02110	0,02227	0,02108	0,03112	0,03341	0,03021	
	0,02148			0,03158			0,02537
Standar Deviasi	0,00080			0,00196			0,00147

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,0000 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,01009	0,01034	0,00984	0,01382	0,01386	0,01393	0,01200
2	0,01021	0,01072	0,00958	0,01215	0,01492	0,01218	0,01193
3	0,00984	0,01021	0,01034	0,01581	0,01405	0,01204	0,01152
4	0,01034	0,01034	0,00984	0,01425	0,01293	0,01310	0,01210
5	0,00984	0,01072	0,01009	0,01367	0,01445	0,01421	0,01208
6	0,01034	0,01009	0,01034	0,01413	0,01654	0,01297	0,01173
7	0,00984	0,00984	0,01009	0,01053	0,01277	0,01236	0,01210
8	0,01059	0,01034	0,00933	0,01195	0,01449	0,01352	0,01145
9	0,01034	0,01021	0,01021	0,01215	0,01421	0,01255	0,01141
10	0,01009	0,01034	0,01059	0,01085	0,01454	0,01213	0,01210
Rata-Rata	0,01015	0,01031	0,01002	0,01293	0,01428	0,01290	
	0,01016			0,01337			0,01184
Standar Deviasi	0,00032			0,00135			0,00029
Slope hulu 0,0000 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00240	0,00353	0,00201	0,00350	0,00423	0,00336	0,00263
2	0,00259	0,00353	0,00221	0,00343	0,00440	0,00330	0,00263
3	0,00221	0,00334	0,00240	0,00350	0,00412	0,00343	0,00264
4	0,00240	0,00353	0,00201	0,00344	0,00435	0,00328	0,00268
5	0,00221	0,00334	0,00221	0,00351	0,00447	0,00375	0,00264
6	0,00201	0,00353	0,00201	0,00354	0,00444	0,00386	0,00265
7	0,00221	0,00334	0,00221	0,00344	0,00446	0,00368	0,00263
8	0,00240	0,00353	0,00240	0,00371	0,00402	0,00362	0,00265
9	0,00221	0,00334	0,00221	0,00366	0,00422	0,00381	0,00264
10	0,00240	0,00353	0,00240	0,00344	0,00446	0,00329	0,00263
Rata-Rata	0,00230	0,00345	0,00221	0,00352	0,00432	0,00354	
	0,00265			0,00379			0,00264
Standar Deviasi	0,00059			0,00041			0,00002

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,1763 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,02535	0,04035	0,03815	0,03890	0,11246	0,04042	0,03828
2	0,02703	0,03996	0,03841	0,04499	0,05389	0,05946	0,03689
3	0,02845	0,03751	0,03751	0,05623	0,08344	0,05563	0,03819
4	0,02768	0,03906	0,03751	0,03643	0,05446	0,05333	0,03729
5	0,02716	0,03932	0,03777	0,04927	0,07185	0,05072	0,03648
6	0,02819	0,03777	0,03777	0,04703	0,06719	0,06807	0,03668
7	0,02716	0,03906	0,03945	0,02709	0,07390	0,05879	0,03738
8	0,02845	0,03996	0,03777	0,05072	0,05946	0,05946	0,04064
9	0,02819	0,03789	0,03880	0,04746	0,07087	0,08481	0,03802
10	0,02781	0,03828	0,03777	0,03832	0,08622	0,05226	0,04179
Rata-Rata	0,02755	0,03892	0,03809	0,04364	0,07337	0,05829	
	0,03485			0,05844			0,03816
Standar Deviasi	0,00533			0,01770			0,00174
Slope hulu 0,1763 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,01794	0,02826	0,02642	0,03150	0,05015	0,04311	0,02452
2	0,01954	0,02900	0,02678	0,03091	0,05173	0,04096	0,02462
3	0,01929	0,02949	0,02678	0,03413	0,04866	0,04062	0,02487
4	0,01868	0,02900	0,02777	0,03536	0,03752	0,04237	0,02313
5	0,01954	0,02949	0,02752	0,03212	0,04551	0,03510	0,02572
6	0,01868	0,02973	0,02703	0,02671	0,05921	0,04201	0,02548
7	0,01917	0,02863	0,02678	0,02746	0,04237	0,03810	0,02363
8	0,01917	0,02728	0,02703	0,03072	0,04551	0,03781	0,02722
9	0,01966	0,02752	0,02728	0,02761	0,04866	0,04818	0,02227
10	0,01954	0,02752	0,02703	0,03321	0,04062	0,04428	0,02731
Rata-Rata	0,01912	0,02859	0,02704	0,03097	0,04699	0,04125	
	0,02492			0,03974			0,02488
Standar Deviasi	0,00427			0,00801			0,00164

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,1763 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00539	0,01618	0,00955	0,00822	0,02270	0,03809	0,01182
2	0,00584	0,01640	0,00989	0,00698	0,01888	0,02659	0,01216
3	0,00618	0,01708	0,00955	0,00851	0,01742	0,02225	0,01124
4	0,00539	0,01685	0,00989	0,01138	0,01912	0,02329	0,01213
5	0,00595	0,01640	0,00921	0,01202	0,01709	0,02100	0,01139
6	0,00562	0,01618	0,00910	0,00885	0,01820	0,02281	0,01194
7	0,00595	0,01663	0,00910	0,00895	0,01980	0,02378	0,01181
8	0,00562	0,01595	0,00876	0,00915	0,01798	0,02150	0,01175
9	0,00584	0,01607	0,00876	0,00923	0,01735	0,01989	0,01138
10	0,00562	0,01551	0,00899	0,00973	0,01820	0,02583	0,01195
Rata-Rata	0,00574	0,01633	0,00928	0,00930	0,01867	0,02450	
	0,01045			0,01749			0,01176
Standar Deviasi	0,00449			0,00710			0,00032
Slope hulu 0,1763 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00263	0,00346	0,00309	0,00354	0,00371	0,00358	0,00264
2	0,00253	0,00375	0,00299	0,00349	0,00427	0,00352	0,00264
3	0,00253	0,00346	0,00309	0,00379	0,00370	0,00382	0,00262
4	0,00263	0,00375	0,00299	0,00362	0,00461	0,00367	0,00266
5	0,00253	0,00346	0,00309	0,00345	0,00454	0,00342	0,00265
6	0,00235	0,00356	0,00299	0,00369	0,00343	0,00418	0,00263
7	0,00253	0,00375	0,00309	0,00368	0,00448	0,00417	0,00263
8	0,00263	0,00356	0,00299	0,00328	0,00478	0,00416	0,00266
9	0,00253	0,00375	0,00309	0,00356	0,00436	0,00397	0,00264
10	0,00263	0,00356	0,00299	0,00319	0,00450	0,00367	0,00267
Rata-Rata	0,00255	0,00360	0,00304	0,00353	0,00424	0,00382	
	0,00307			0,00386			0,00264
Standar Deviasi	0,00045			0,00043			0,00002

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,2679 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,03477	0,03680	0,03833	0,06679	0,06593	0,06679	0,04006
2	0,03642	0,03465	0,03477	0,06768	0,08906	0,06768	0,03965
3	0,03427	0,03477	0,03680	0,06508	0,07932	0,06508	0,03714
4	0,03553	0,03363	0,03553	0,06508	0,06679	0,06426	0,03475
5	0,03477	0,03401	0,03427	0,06593	0,06954	0,06679	0,03711
6	0,03376	0,03465	0,03553	0,06768	0,06267	0,06508	0,03991
7	0,03401	0,03427	0,03706	0,06954	0,05704	0,06593	0,03965
8	0,03401	0,03515	0,03744	0,06768	0,06191	0,06954	0,04001
9	0,03503	0,03592	0,03592	0,07150	0,10153	0,06593	0,03915
10	0,03477	0,03592	0,03592	0,06954	0,06043	0,06679	0,03514
Rata-Rata	0,03473	0,03498	0,03616	0,06765	0,07142	0,06639	
	0,03529			0,06849			0,03826
Standar Deviasi	0,00117			0,00836			0,00206
Slope hulu 0,2679 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,02507	0,02667	0,02519	0,03964	0,04514	0,03768	0,02276
2	0,02462	0,02621	0,02507	0,03768	0,03060	0,03377	0,02333
3	0,02416	0,02576	0,02485	0,03377	0,03256	0,03233	0,02161
4	0,02416	0,02587	0,02576	0,03428	0,03328	0,03101	0,02271
5	0,02280	0,02621	0,02519	0,03562	0,03428	0,03677	0,02386
6	0,02393	0,02633	0,02485	0,03123	0,03999	0,04071	0,02417
7	0,02462	0,02599	0,02507	0,02763	0,03480	0,03999	0,02247
8	0,02485	0,02690	0,02462	0,04107	0,03101	0,03897	0,02468
9	0,02507	0,02667	0,02416	0,03897	0,03999	0,05364	0,02464
10	0,02485	0,02587	0,02428	0,03352	0,04850	0,04301	0,02308
Rata-Rata	0,02441	0,02625	0,02490	0,03534	0,03702	0,03879	
	0,02519			0,03705			0,02333
Standar Deviasi	0,00094			0,00566			0,00100

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,2679 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00993	0,01272	0,01049	0,02001	0,02721	0,02177	0,01160
2	0,01026	0,01194	0,01026	0,01623	0,02806	0,01883	0,01091
3	0,01015	0,01261	0,01015	0,01623	0,02806	0,01814	0,01092
4	0,01037	0,01227	0,00948	0,01518	0,02312	0,02166	0,01143
5	0,01004	0,01182	0,00959	0,01829	0,01729	0,01940	0,01142
6	0,01026	0,01227	0,01015	0,01566	0,01533	0,01836	0,01142
7	0,01037	0,01216	0,01026	0,01473	0,02312	0,01867	0,01121
8	0,01026	0,01182	0,01015	0,01829	0,01778	0,01799	0,01149
9	0,01015	0,01194	0,00959	0,02145	0,01875	0,01771	0,01171
10	0,00993	0,01026	0,01026	0,01703	0,01899	0,02075	0,01137
Rata-Rata	0,01017	0,01198	0,01004	0,01731	0,02177	0,01933	
	0,01073			0,01947			0,01135
Standar Deviasi	0,00100			0,00357			0,00026
Slope hulu 0,2679 dan Bukaannya Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00300	0,00359	0,00343	0,00377	0,00351	0,00339	0,00324
2	0,00300	0,00359	0,00316	0,00375	0,00404	0,00400	0,00318
3	0,00283	0,00369	0,00326	0,00373	0,00362	0,00416	0,00324
4	0,00300	0,00359	0,00343	0,00376	0,00474	0,00360	0,00317
5	0,00283	0,00369	0,00343	0,00366	0,00393	0,00405	0,00321
6	0,00316	0,00343	0,00343	0,00386	0,00442	0,00396	0,00320
7	0,00300	0,00369	0,00326	0,00336	0,00427	0,00417	0,00318
8	0,00300	0,00343	0,00343	0,00327	0,00463	0,00426	0,00317
9	0,00316	0,00359	0,00316	0,00350	0,00475	0,00375	0,00318
10	0,00300	0,00343	0,00343	0,00344	0,00467	0,00358	0,00320
Rata-Rata	0,00300	0,00357	0,00334	0,00361	0,00426	0,00389	
	0,00330			0,00392			0,00320
Standar Deviasi	0,00026			0,00042			0,00003

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,03601	0,04150	0,03381	0,07750	0,07076	0,06598	0,03606
2	0,03466	0,04065	0,03454	0,06510	0,06688	0,06781	0,03536
3	0,03540	0,04065	0,03369	0,06781	0,07180	0,06598	0,03524
4	0,03564	0,04065	0,03430	0,06510	0,06781	0,06688	0,03612
5	0,03540	0,04101	0,03344	0,06341	0,06877	0,06781	0,03646
6	0,03503	0,04065	0,03369	0,06877	0,06598	0,06598	0,03506
7	0,03454	0,04077	0,03454	0,06781	0,06877	0,06028	0,03528
8	0,03564	0,04150	0,03418	0,06688	0,06781	0,06688	0,03471
9	0,03466	0,04065	0,03344	0,06510	0,06688	0,06341	0,03644
10	0,03503	0,04101	0,03369	0,06877	0,06341	0,06598	0,03463
Rata-Rata	0,03520	0,04090	0,03393	0,06762	0,06789	0,06570	
	0,03668			0,06707			0,03554
Standar Deviasi	0,00311			0,00302			0,00068
Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,02436	0,02514	0,02414	0,04219	0,04567	0,03661	0,02574
2	0,02414	0,02591	0,02436	0,03381	0,04474	0,03516	0,02516
3	0,02392	0,02492	0,02414	0,03516	0,04815	0,03722	0,02231
4	0,02481	0,02547	0,02414	0,03381	0,04386	0,03631	0,02331
5	0,02392	0,02536	0,02392	0,03306	0,04763	0,03281	0,02082
6	0,02392	0,02569	0,02436	0,03722	0,04614	0,03356	0,02276
7	0,02436	0,02591	0,02458	0,03544	0,04520	0,03210	0,02435
8	0,02414	0,02514	0,02447	0,03819	0,04977	0,03886	0,02317
9	0,02392	0,02591	0,02492	0,03331	0,04474	0,03886	0,02179
10	0,02381	0,02536	0,02414	0,03381	0,04712	0,03098	0,02340
Rata-Rata	0,02413	0,02548	0,02432	0,03560	0,04630	0,03525	
	0,02464			0,03905			0,02328
Standar Deviasi	0,00068			0,00577			0,00150

Lanjutan Tabel 5.15 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran

Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00984	0,01031	0,00965	0,01617	0,01901	0,01712	0,01041
2	0,00965	0,01050	0,01002	0,01617	0,03051	0,01624	0,01023
3	0,01002	0,01031	0,00984	0,01570	0,02425	0,01563	0,01051
4	0,00974	0,01050	0,00984	0,01557	0,02335	0,01652	0,01051
5	0,00984	0,01078	0,00965	0,01776	0,02609	0,01532	0,01047
6	0,00965	0,01033	0,01002	0,01544	0,01873	0,01478	0,01037
7	0,00965	0,01050	0,01002	0,01760	0,01696	0,01557	0,01011
8	0,00984	0,01031	0,01002	0,01681	0,01920	0,01478	0,01015
9	0,00965	0,01088	0,01031	0,01544	0,02265	0,01371	0,01003
10	0,00946	0,01078	0,00984	0,01712	0,02012	0,01583	0,01009
Rata-Rata	0,00973	0,01052	0,00992	0,01638	0,02209	0,01555	
	0,01006			0,01800			0,01029
Standar Deviasi	0,00039			0,00381			0,00019
Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Debit (m ³ /detik)						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,00323	0,00364	0,00315	0,00375	0,00423	0,00346	0,00323
2	0,00331	0,00356	0,00331	0,00390	0,00442	0,00365	0,00324
3	0,00323	0,00340	0,00323	0,00387	0,00423	0,00365	0,00323
4	0,00331	0,00356	0,00323	0,00394	0,00451	0,00323	0,00322
5	0,00323	0,00340	0,00331	0,00365	0,00515	0,00381	0,00325
6	0,00331	0,00340	0,00331	0,00350	0,00402	0,00386	0,00321
7	0,00323	0,00340	0,00323	0,00428	0,00421	0,00361	0,00323
8	0,00323	0,00356	0,00315	0,00380	0,00424	0,00383	0,00323
9	0,00315	0,00340	0,00331	0,00393	0,00439	0,00389	0,00323
10	0,00331	0,00364	0,00315	0,00396	0,00456	0,00385	0,00324
Rata-Rata	0,00326	0,00349	0,00324	0,00386	0,00440	0,00368	
	0,00333			0,00398			0,00323
Standar Deviasi	0,00014			0,00039			0,00001

3. Rekapitulasi perhitungan bilangan froude

Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude

Slope hulu 0,0000 dan Bukaak Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Bilangan Froude						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,8212	0,8603	0,7821	1,2716	1,2563	1,2463	0,9028
2	0,8603	0,8603	0,8290	1,3255	1,3842	1,2365	0,9500
3	0,8212	0,8759	0,8368	1,2316	1,3199	1,1253	0,9660
4	0,8055	0,8290	0,8055	1,1849	1,2927	1,1586	0,9735
5	0,7977	0,8759	0,8368	1,2172	1,2927	1,1172	0,9916
6	0,8212	0,8368	0,8603	1,1805	1,2665	1,1716	1,0099
7	0,7977	0,8524	0,7977	1,1849	1,2873	1,2414	1,0901
8	0,7899	0,8759	0,8055	1,1894	1,3369	1,1805	0,9802
9	0,7977	0,8916	0,7977	1,1293	1,3034	1,1054	0,9097
10	0,8524	0,8603	0,8055	1,1293	1,1894	1,1093	1,0432
Slope hulu 0,0000 dan Bukaak Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
1	0,7920	0,8118	0,7722	1,0850	1,0879	1,0940	0,9420
2	0,8019	0,8415	0,7524	0,9542	1,1716	0,9566	0,9368
3	0,7722	0,8019	0,8118	1,2414	1,1031	0,9451	0,9048
4	0,8118	0,8118	0,7722	1,1187	1,0154	1,0286	0,9503
5	0,7722	0,8415	0,7920	1,0732	1,1347	1,1155	0,9486
6	0,8118	0,7920	0,8118	1,1093	1,2984	1,0180	0,9207
7	0,7722	0,7722	0,7920	0,8267	1,0026	0,9706	0,9501
8	0,8316	0,8118	0,7326	0,9384	1,1380	1,0617	0,8986
9	0,8118	0,8019	0,8019	0,9542	1,1155	0,9851	0,8959
10	0,7920	0,8118	0,8316	0,8516	1,1412	0,9520	0,9497
Slope hulu 0,0000 dan Bukaak Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
1	0,3842	0,5650	0,3214	0,5611	0,6777	0,5377	0,4210
2	0,4143	0,5650	0,3541	0,5495	0,7054	0,5281	0,4207
3	0,3541	0,5349	0,3842	0,5611	0,6591	0,5495	0,4221
4	0,3842	0,5650	0,3214	0,5507	0,6965	0,5248	0,4296
5	0,3541	0,5349	0,3541	0,5618	0,7164	0,6000	0,4224
6	0,3214	0,5650	0,3214	0,5675	0,7113	0,6185	0,4248
7	0,3541	0,5349	0,3541	0,5507	0,7144	0,5894	0,4204
8	0,3842	0,5650	0,3842	0,5943	0,6430	0,5793	0,4247
9	0,3541	0,5349	0,3541	0,5867	0,6750	0,6102	0,4225
10	0,3842	0,5650	0,3842	0,5513	0,7144	0,5275	0,4210

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude

Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
Data ke-	Bilangan Froude						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	1,9161	3,0500	2,8839	2,9401	8,5007	3,0549	2,8936
2	2,0431	3,0207	2,9034	3,4003	4,0732	4,4946	2,7887
3	2,1507	2,8350	2,8350	4,2503	6,3070	4,2046	2,8865
4	2,0920	2,9523	2,8350	2,7537	4,1161	4,0312	2,8188
5	2,0529	2,9718	2,8545	3,7241	5,4310	3,8336	2,7575
6	2,1311	2,8545	2,8545	3,5548	5,0783	5,1451	2,7722
7	2,0529	2,9523	2,9816	2,0473	5,5862	4,4435	2,8256
8	2,1507	3,0207	2,8545	3,8336	4,4946	4,4946	3,0717
9	2,1311	2,8643	2,9327	3,5874	5,3566	6,4103	2,8741
10	2,1018	2,8936	2,8545	2,8965	6,5172	3,9498	3,1586
Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
1	1,4643	2,3068	2,1564	2,5717	4,0938	3,5192	2,0014
2	1,5947	2,3670	2,1865	2,5232	4,2230	3,3432	2,0094
3	1,5747	2,4071	2,1865	2,7860	3,9722	3,3156	2,0303
4	1,5245	2,3670	2,2667	2,8863	3,0625	3,4585	1,8881
5	1,5947	2,4071	2,2467	2,6222	3,7147	2,8656	2,0993
6	1,5245	2,4272	2,2065	2,1804	4,8336	3,4290	2,0804
7	1,5646	2,3369	2,1865	2,2413	3,4585	3,1100	1,9290
8	1,5646	2,2266	2,2065	2,5074	3,7147	3,0861	2,2218
9	1,6048	2,2467	2,2266	2,2539	3,9722	3,9332	1,8176
10	1,5947	2,2467	2,2065	2,7107	3,3156	3,6143	2,2296
Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
1	0,5034	1,5103	0,8915	0,7670	2,1188	3,5553	1,1032
2	0,5454	1,5313	0,9230	0,6514	1,7627	2,4824	1,1347
3	0,5769	1,5942	0,8915	0,7946	1,6261	2,0769	1,0496
4	0,5034	1,5732	0,9230	1,0621	1,7852	2,1737	1,1323
5	0,5559	1,5313	0,8600	1,1217	1,5952	1,9604	1,0633
6	0,5244	1,5103	0,8495	0,8258	1,6985	2,1296	1,1148
7	0,5559	1,5523	0,8495	0,8357	1,8482	2,2197	1,1027
8	0,5244	1,4893	0,8181	0,8544	1,6781	2,0073	1,0965
9	0,5454	1,4998	0,8181	0,8615	1,6198	1,8563	1,0627
10	0,5244	1,4474	0,8391	0,9081	1,6985	2,4111	1,1157

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude

Slope hulu 0,1763 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
Data ke-	Bilangan Froude						Volumetric
	Current Meter			Pelampung			
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,4339	0,5709	0,5100	0,5853	0,6136	0,5915	0,4368
2	0,4187	0,6191	0,4948	0,5773	0,7048	0,5813	0,4362
3	0,4187	0,5709	0,5100	0,6265	0,6107	0,6304	0,4322
4	0,4339	0,6191	0,4948	0,5984	0,7620	0,6070	0,4398
5	0,4187	0,5709	0,5100	0,5702	0,7507	0,5657	0,4372
6	0,3882	0,5887	0,4948	0,6092	0,5664	0,6904	0,4348
7	0,4187	0,6191	0,5100	0,6085	0,7398	0,6886	0,4341
8	0,4339	0,5887	0,4948	0,5416	0,7892	0,6867	0,4390
9	0,4187	0,6191	0,5100	0,5873	0,7198	0,6556	0,4359
10	0,4339	0,5887	0,4948	0,5275	0,7441	0,6063	0,4404
Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
1	2,7040	2,8619	2,9804	5,1941	5,1266	5,1941	3,1153
2	2,8323	2,6942	2,7040	5,2633	6,9254	5,2633	3,0835
3	2,6646	2,7040	2,8619	5,0609	6,1680	5,0609	2,8879
4	2,7632	2,6152	2,7632	5,0609	5,1941	4,9968	2,7019
5	2,7040	2,6448	2,6646	5,1266	5,4075	5,1941	2,8861
6	2,6251	2,6942	2,7632	5,2633	4,8734	5,0609	3,1033
7	2,6448	2,6646	2,8817	5,4075	4,4354	5,1266	3,0835
8	2,6448	2,7336	2,9113	5,2633	4,8140	5,4075	3,1113
9	2,7238	2,7929	2,7929	5,5598	7,8950	5,1266	3,0446
10	2,7040	2,7929	2,7929	5,4075	4,6994	5,1941	2,7325
Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
1	2,2910	2,4368	2,3014	3,6221	4,1242	3,4425	2,0799
2	2,2493	2,3951	2,2910	3,4425	2,7956	3,0855	2,1315
3	2,2077	2,3535	2,2702	3,0855	2,9753	2,9542	1,9749
4	2,2077	2,3639	2,3535	3,1319	3,0405	2,8336	2,0754
5	2,0827	2,3951	2,3014	3,2543	3,1319	3,3592	2,1799
6	2,1869	2,4055	2,2702	2,8530	3,6539	3,7191	2,2088
7	2,2493	2,3743	2,2910	2,5245	3,1797	3,6539	2,0528
8	2,2702	2,4576	2,2493	3,7527	2,8336	3,5602	2,2553
9	2,2910	2,4368	2,2077	3,5602	3,6539	4,9005	2,2508
10	2,2702	2,3639	2,2181	3,0628	4,4313	3,9297	2,1085

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude

Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
Data ke-	Bilangan Froude						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	0,9368	1,2000	0,9895	1,8881	2,5674	2,0539	1,0943
2	0,9684	1,1263	0,9684	1,5311	2,6481	1,7766	1,0293
3	0,9579	1,1895	0,9579	1,5311	2,6481	1,7116	1,0304
4	0,9789	1,1579	0,8947	1,4321	2,1816	2,0439	1,0786
5	0,9474	1,1158	0,9053	1,7256	1,6320	1,8306	1,0780
6	0,9684	1,1579	0,9579	1,4774	1,4469	1,7327	1,0780
7	0,9789	1,1474	0,9684	1,3896	2,1816	1,7617	1,0581
8	0,9684	1,1158	0,9579	1,7256	1,6775	1,6978	1,0838
9	0,9579	1,1263	0,9053	2,0243	1,7691	1,6708	1,1047
10	0,9368	0,9684	0,9684	1,6071	1,7917	1,9584	1,0731
Slope hulu 0,2679 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
1	0,5648	0,6761	0,6470	0,7099	0,6612	0,6389	0,6109
2	0,5648	0,6761	0,5966	0,7061	0,7608	0,7532	0,5999
3	0,5329	0,6947	0,6151	0,7033	0,6825	0,7844	0,6108
4	0,5648	0,6761	0,6470	0,7089	0,8927	0,6790	0,5969
5	0,5329	0,6947	0,6470	0,6896	0,7417	0,7641	0,6054
6	0,5966	0,6470	0,6470	0,7284	0,8325	0,7458	0,6027
7	0,5648	0,6947	0,6151	0,6336	0,8047	0,7868	0,6002
8	0,5648	0,6470	0,6470	0,6166	0,8722	0,8023	0,5981
9	0,5966	0,6761	0,5966	0,6596	0,8958	0,7061	0,5986
10	0,5648	0,6470	0,6470	0,6491	0,8809	0,6747	0,6028
Slope hulu 0,3640 dan Bukaam Kran Air Sebanyak 4 Putaran.							
1	2,9686	3,4214	2,7874	6,3891	5,8336	5,4394	2,9727
2	2,8579	3,3509	2,8478	5,3669	5,5139	5,5905	2,9151
3	2,9182	3,3509	2,7774	5,5905	5,9193	5,4394	2,9052
4	2,9384	3,3509	2,8277	5,3669	5,5905	5,5139	2,9779
5	2,9182	3,3811	2,7572	5,2275	5,6692	5,5905	3,0059
6	2,8880	3,3509	2,7774	5,6692	5,4394	5,4394	2,8904
7	2,8478	3,3610	2,8478	5,5905	5,6692	4,9693	2,9085
8	2,9384	3,4214	2,8176	5,5139	5,5905	5,5139	2,8613
9	2,8579	3,3509	2,7572	5,3669	5,5139	5,2275	3,0042
10	2,8880	3,3811	2,7774	5,6692	5,2275	5,4394	2,8550

Lanjutan Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Bilangan Froude

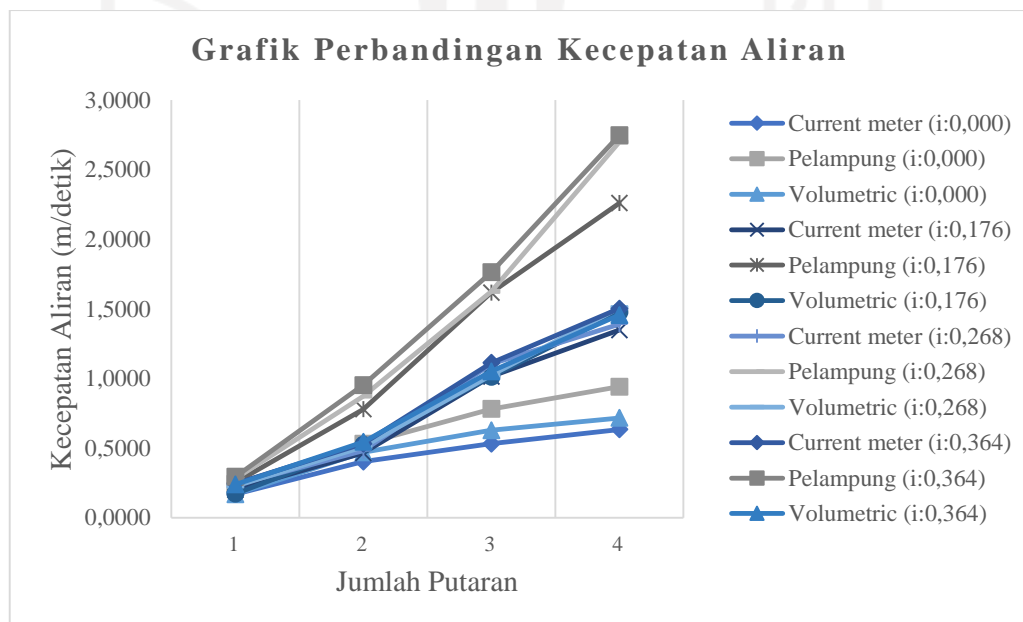
Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 3 Putaran.							
Data ke-	Bilangan Froude						
	Current Meter			Pelampung			Volumetric
	Kiri	Tengah	Kanan	Kiri	Tengah	Kanan	
1	2,3242	2,3982	2,3031	4,0246	4,3565	3,4924	2,4554
2	2,3031	2,4721	2,3242	3,2258	4,2685	3,3538	2,4006
3	2,2819	2,3770	2,3031	3,3538	4,5933	3,5511	2,1287
4	2,3665	2,4298	2,3031	3,2258	4,1840	3,4638	2,2239
5	2,2819	2,4193	2,2819	3,1536	4,5439	3,1302	1,9866
6	2,2819	2,4510	2,3242	3,5511	4,4019	3,2014	2,1717
7	2,3242	2,4721	2,3453	3,3807	4,3121	3,0622	2,3225
8	2,3031	2,3982	2,3348	3,6429	4,7481	3,7069	2,2106
9	2,2819	2,4721	2,3770	3,1773	4,2685	3,7069	2,0786
10	2,2714	2,4193	2,3031	3,2258	4,4956	2,9551	2,2323
Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 2 Putaran.							
1	1,1889	1,2461	1,1661	1,9542	2,2979	2,0691	1,2588
2	1,1661	1,2689	1,2118	1,9542	3,6877	1,9626	1,2370
3	1,2118	1,2461	1,1889	1,8974	2,9313	1,8896	1,2699
4	1,1775	1,2689	1,1889	1,8818	2,8227	1,9968	1,2709
5	1,1889	1,3032	1,1661	2,1468	3,1536	1,8513	1,2654
6	1,1661	1,2484	1,2118	1,8664	2,2637	1,7862	1,2537
7	1,1661	1,2689	1,2118	2,1269	2,0506	1,8818	1,2217
8	1,1889	1,2461	1,2118	2,0323	2,3212	1,7862	1,2273
9	1,1661	1,3147	1,2461	1,8664	2,7382	1,6568	1,2124
10	1,1432	1,3032	1,1889	2,0691	2,4323	1,9133	1,2191
Slope hulu 0,3640 dan Bukaan Kran Air Sebanyak 1 Putaran.							
1	0,6422	0,7232	0,6260	0,7454	0,8406	0,6884	0,6408
2	0,6584	0,7070	0,6584	0,7754	0,8775	0,7244	0,6438
3	0,6422	0,6746	0,6422	0,7688	0,8406	0,7244	0,6415
4	0,6584	0,7070	0,6422	0,7833	0,8965	0,6409	0,6403
5	0,6422	0,6746	0,6584	0,7244	1,0240	0,7569	0,6448
6	0,6584	0,6746	0,6584	0,6946	0,7995	0,7677	0,6375
7	0,6422	0,6746	0,6422	0,8512	0,8367	0,7177	0,6422
8	0,6422	0,7070	0,6260	0,7558	0,8419	0,7612	0,6423
9	0,6260	0,6746	0,6584	0,7810	0,8718	0,7721	0,6419
10	0,6584	0,7232	0,6260	0,7867	0,9055	0,7655	0,6429

5.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis data diatas didapatkan nilai kecepatan aliran rata-rata seperti Tabel 5.17 dan juga didapat grafik perbandingan data kecepatan aliran tiap alat ukur debit yang digunakan seperti Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.17 Kecepatan Aliran Rata-Rata

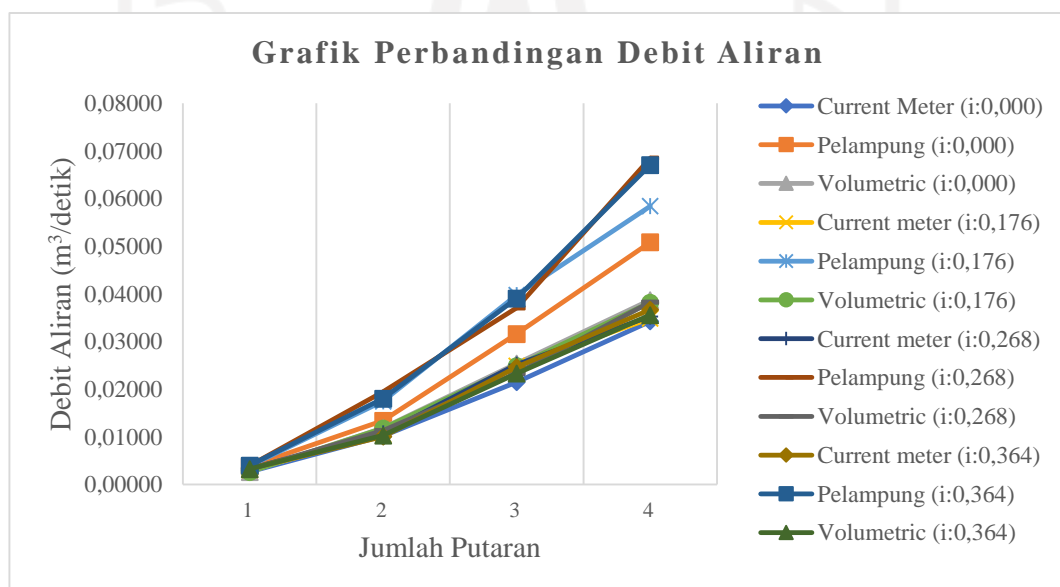
<i>Slope</i> Hulu	0,0000	0,1763	0,2679	0,3640
Putaran	Kecepatan Aliran (m/detik)			
Current Meter				
1	0,1693	0,1996	0,2349	0,2452
2	0,4030	0,4650	0,4810	0,5317
3	0,5315	1,0140	1,1050	1,1127
4	0,6342	1,3473	1,3903	1,5025
Pelampung				
1	0,2418	0,2514	0,2787	0,2930
2	0,5301	0,7784	0,8726	0,9518
3	0,7814	1,6172	1,6252	1,7631
4	0,9414	2,2592	2,6983	2,7474
Volumetric				
1	0,1684	0,1721	0,2273	0,2379
2	0,4696	0,5232	0,5087	0,5439
3	0,6276	1,0123	1,0236	1,0512
4	0,7166	1,4755	1,5073	1,4557

**Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Kecepatan Aliran**

Didapatkan juga nilai debit aliran rata-rata pada Tabel 5.18 dan grafik perbandingan debit tiap alat ukur debit yang digunakan seperti Gambar 5.3.

Tabel 5.18 Debit Aliran Rata-Rata

<i>Slope</i> Hulu	0,0000	0,1763	0,2679	0,3640
Putaran	Debit Aliran (m ³ /detik)			
Current Meter				
1	0,00265	0,00307	0,00330	0,00333
2	0,01016	0,01045	0,01073	0,01006
3	0,02148	0,02492	0,02519	0,02464
4	0,03424	0,03485	0,03529	0,03668
Pelampung				
1	0,00379	0,00386	0,00392	0,00398
2	0,01337	0,01749	0,01947	0,01800
3	0,03158	0,03974	0,03705	0,03905
4	0,05083	0,05844	0,06849	0,06707
Volumetric				
1	0,00264	0,00264	0,00320	0,00323
2	0,01184	0,01176	0,01135	0,01029
3	0,02537	0,02488	0,02333	0,02328
4	0,03870	0,03816	0,03826	0,03554

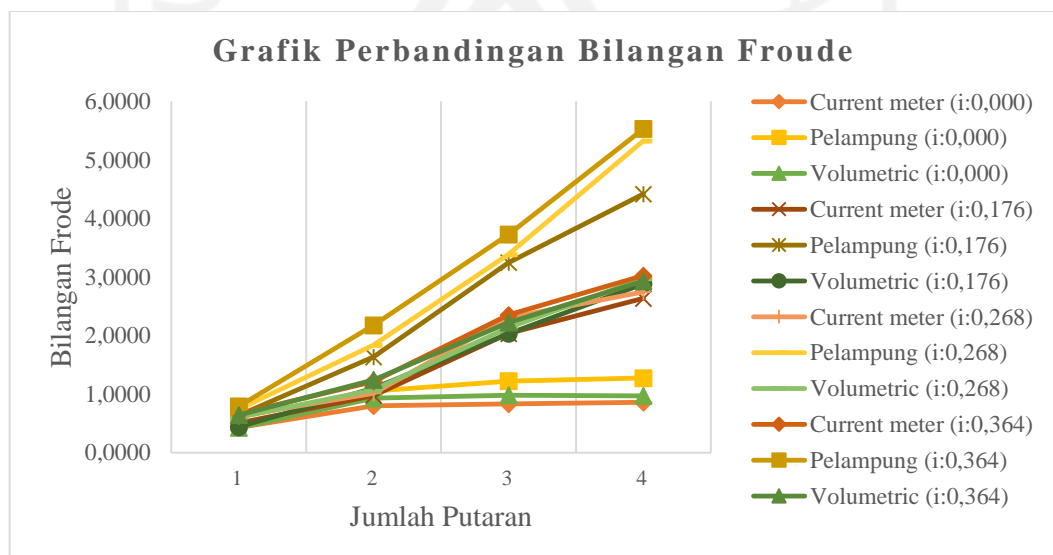


Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Debit Aliran

Sedangkan untuk rekapitulasi bilangan froude rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan grafik perbandingan bilangan froude tiap alat ukur debit yang digunakan seperti Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5.19 Bilangan Froude Rata-Rata

<i>Slope</i> Hulu	0,0000	0,1763	0,2679	0,3640
Putaran	Bilangan Froude			
	<i>Current Meter</i>			
1	0,4250	0,5065	0,6227	0,6616
2	0,7980	0,9754	1,0126	1,2157
3	0,8313	2,0340	2,3014	2,3510
4	0,8582	2,6342	2,7442	3,0239
<i>Pelampung</i>				
1	0,6071	0,6379	0,7388	0,7907
2	1,0496	1,6329	1,8371	2,1763
3	1,2222	3,2440	3,3849	3,7253
4	1,2739	4,4171	5,3257	5,5294
<i>Volumetric</i>				
1	0,4229	0,4366	0,6026	0,6418
2	0,9297	1,0975	1,0708	1,2436
3	0,9817	2,0307	2,1318	2,2211
4	0,9698	2,8847	2,9750	2,9296



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Bilangan Froude

Nilai standar deviasi *current meter* mendekati nilai standar deviasi *volumetric*, sedangkan nilai standar deviasi pelampung memiliki selisih yang jauh dibanding dua cara lain yang berarti bahwa pelampung memiliki ketelitian yang cukup rendah, hal ini dipengaruhi oleh faktor angin yang tidak stabil yang membuat pelampung tidak mengikuti aliran air dengan sempurna, dan juga permukaan air yang terlalu rendah sehingga menambah gaya geser antara permukaan pelampung dengan dasar aliran. Oleh karena itu metode pelampung diabaikan dan tidak dianjurkan untuk digunakan pada *flume* dengan ketinggian aliran yang rendah.

Berdasarkan grafik perbandingan kecepatan aliran dapat diketahui bahwa kecepatan aliran pada *current meter*, pelampung, dan *volumetric* sebanding dengan nilai *slope* dan jumlah putaran, semakin tinggi nilai *slope* dan jumlah putaran maka kecepatan akan semakin besar. Kecepatan aliran maksimal pada *current meter* sebesar 1,5025 m/detik dan untuk *volumetric* sebesar 1,5073 m/detik.

Dilihat dari grafik perbandingan debit aliran dapat diketahui bahwa debit pada *current meter*, pelampung, dan *volumetric* tidak dipengaruhi oleh *slope*, tetapi dipengaruhi oleh jumlah putaran dengan hubungan berbanding lurus, semakin banyak jumlah putaran maka debit yang dihasilkan akan semakin besar. Nilai debit dengan alat ukur *current meter* rata-rata 1 putaran kran sebesar 0,00309 m³/detik, 2 putaran kran sebesar 0,01035 m³/detik, 3 putaran kran sebesar 0,02406 m³/detik, dan 4 putaran kran sebesar 0,03527 m³/detik. Untuk nilai debit dengan kolam penampungan (*volumetric*) rata-rata 1 putaran kran sebesar 0,00293 m³/detik, 2 putaran kran sebesar 0,01131 m³/detik, 3 putaran kran sebesar 0,02421 m³/detik, dan 4 putaran kran sebesar 0,03766 m³/detik. Sedangkan nilai debit maksimal didapatkan sebesar 0,03668 m³/detik pada *current meter* dan 0,03870 m³/detik pada *volumetric*.

Bilangan froude untuk *current meter* dan *volumetric* pada variabel *slope* 0,0000 dengan jumlah putaran 1 sampai dengan 4 bilangan froude yang didapatkan kurang dari 1 ($Fr < 1$), sama halnya dengan variabel *slope* 0,0000 sampai dengan 0,3640 dengan jumlah 1 putaran dengan alat ukur *current meter* dan *volumetric* didapatkan bilangan froude kurang dari 1 ($Fr < 1$), dan saat variabel *slope* 0,1763 dengan jumlah 2 putaran hasil pengukuran *current meter* didapatkan bilangan

froude kurang dari 1 ($Fr < 1$) sehingga merupakan aliran sub kritis. Sedangkan bilangan froude lainnya lebih dari 1 ($Fr > 1$) sehingga merupakan aliran super kritis. Sehingga agar aliran yang dihasilkan dalam kondisi subkritis *flume* dapat diatur dengan kondisi berupa: *Slope* hulu 0 dan jumlah 1 sampai 4 putaran kran, dengan alat ukur debit *current meter* dan *volumetric*; *Slope* hulu 0 sampai dengan 0,364 dan jumlah 1 putaran kran, dengan alat ukur *current meter* dan *volumetric*; *Slope* hulu 0 dan jumlah 2 putaran kran, dengan alat ukur *current meter*.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat diambil pernyataan yang berhubungan dengan perumusan masalah atau tujuan penelitian, adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Nilai debit dengan alat ukur *current meter* rata-rata 1 putaran kran sebesar $0,00309 \text{ m}^3/\text{detik}$, 2 putaran kran sebesar $0,01035 \text{ m}^3/\text{detik}$, 3 putaran kran sebesar $0,02406 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan 4 putaran kran sebesar $0,03527 \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk nilai debit dengan kolam penampungan (*volumetric*) rata-rata 1 putaran kran sebesar $0,00293 \text{ m}^3/\text{detik}$, 2 putaran kran sebesar $0,01131 \text{ m}^3/\text{detik}$, 3 putaran kran sebesar $0,02421 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan 4 putaran kran sebesar $0,03766 \text{ m}^3/\text{detik}$.
2. Debit maksimum yang dapat digunakan dalam penelitian menggunakan *flume* besar Laboratorium Hidrolika JTS-UII yaitu $0,03668 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan alat *current meter*; $0,03870 \text{ m}^3/\text{detik}$ dengan cara *volumetric*.
3. Agar aliran yang dihasilkan dalam kondisi subkritis *flume* dapat diatur dengan kondisi berupa:
 - *Slope* hulu 0 dan jumlah putaran kran 1 - 4, dengan alat ukur debit *current meter* dan *volumetric*.
 - *Slope* hulu 0 - 0,364 dan 1 putaran kran, dengan alat ukur *current meter* dan *volumetric*.
 - *Slope* hulu 0 dan 2 putaran kran, dengan alat ukur *current meter*.

6.2 Saran

Berdasarkan pengalaman yang telah didapatkan oleh penyusun selama melaksanakan penelitian di Laboratorium Hidrolika JTS-UII serta dari hasil kesimpulan dan pembahasan, terdapat beberapa kendala yang ditemukan sehingga

dapat dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya, adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Kapasitas air pada penampungan atas cukup kecil, sehingga membuat aliran air cepat habis dan kesulitan saat melakukan penelitian dengan debit yang besar. Sehingga kapasitas penampungan bagian atas perlu untuk diperbesar.
2. Waktu untuk membawa air dari penampungan bawah ke penampungan atas memerlukan waktu yang cukup lama sehingga apabila ingin mengulangi penelitian harus menunggu cukup lama. Perlu memperbesar daya pompa sehingga sirkulasi air dapat berjalan terus menerus.
3. Pengurasan air pada kolam penampungan bagian hilir perlu bantuan pompa manual yang cukup sulit untuk dilakukan, perlu dibuat saluran langsung yang menghubungkan antara kolam penampungan bagian hilir dengan penampungan air bawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Sutiyas, Yanus, T., Martiani, G. (2014) Uji Kinerja Flume 10 cm x 20 cm x 400 cm Melalui Pintu Air Sisi Tegak/*Vertical*, *Parshall Flume*, Ambang Lebar Ujung Tumpul (*Drempell*) dan Ambang Tajam/Tipis. Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta.
- Anggrahini. (2005). Hidrolika Saluran Terbuka. (Devita, Ed.). Surabaya: Srikandi.
- Astuti, G.Y. D. dan Feril, H. (2016). Studi Karakteristik Aliran Pada Flume Saluran Terbuka Di Laboratorium Teknik Sipil UIKA. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun. Bogor.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). SNI 8066:2015. Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai Dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus Dan Pelampung. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Bahar, M.T.P. (2019). Studi Pengaruh Konfigurasi *Baffle Blocks* Terhadap Peredaman Energi pada Konstruksi Bendung. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
- Febrianto, J.W. dan Lalu, M. (2018). Perbandingan Koefisien Debit Dengan Lebar Saluran Berbeda Menggunakan Uji Fisik Peluap Persegi Panjang Dan V-Notch. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ginanjar, Bagus dan Feril Hariati. (2015). Analisis Koefisien Debit Model Alat Ukur Celah Segiempat di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Universitas Ibn Khaldun Bogor.
- Hidayah, S., & Dermawan, V. (2015). Uji Proporsionalitas Debit Bangunan Bagi Tipe Numbak. *Jurnal Irigasi*, 10(2), 69–82.
- Indratmo, soekarno dan Heruyoko. (2009). Kajian Hubungan Antara Debit Berubah dengan Tinggi Muka Air dan Kecepatan Aliran. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.

- Nurzuni, Fitria. (2019). Kalibrasi Rating Curve Debit Aliran Pada Saluran Primer I Barat Sungai Bedadung Kabupaten Jember. *Proyek Akhir*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember.
- Sugiyono. (2009). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan R & D. Bandung: Alfabeta.
- Suhardi. (2020). Rancang Bangun Prototipe Saluran Irigasi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biositem*. Vol.8, No.1:58-70. Jember.
- Triatmojo, Bambang. (1996). Hidraulika I. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmojo, Bambang. (1996). Hidraulika II. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmojo, Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. Beta Offset, Yogyakarta.





LAMPIRAN

Lampran 1 Gambar Saat Pengujian**Gambar L-1.1 Flume****Gambar L-1.2 Penampungan Air Bawah dan Atas**



Gambar L-1.3 Pengatur Pompa Pengisi Air



Gambar L-1.4 Setting Kemiringan Saluran



Gambar L-1.5 Kran Pengatur Aliran



**Gambar L-1.6 Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Pelampung dan
*Current Metter***



Gambar L-1.7 Pengukuran Ketinggian Aliran



**Gambar L-1.8 Pengamatan Waktu Penampungan Pada Kolam
Penampungan**



Gambar L-1.9 Pompa Pembuangan Air

