

## **TUGAS AKHIR**

# **STUDI PERBANDINGAN PROFIL MUKA AIR DI HULU DAN HILIR BENDUNG DENGAN EKSPERIMEN DI LABORATORIUM DAN ANALISIS NUMERIK (*COMPARISON STUDY OF THE WATER SURFACE PROFILE IN THE UPSTREAM AND DOWNSTREAM OF THE WEIR WITH EXPERIMENT IN LABORY AND NUMERIC ANALYSIS*)**

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



**Muaji Amirul Madani  
17511244**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

# STUDI PERBANDINGAN PROFIL MUKA AIR DI HULU DAN HILIR BENDUNG DENGAN EKSPERIMEN DAN ANALISIS NUMERIK (COMPARISON STUDY OF THE WATER SURFACE PROFILE IN THE UPSTREAM AND DOWNSTREAM OF THE WEIR WITH EXPERIMENT AND NUMERIC ANALYSIS)



Telah diterima sebagai salah satu syarat persyaratan  
untuk memperoleh derajat sarjana Teknik Sipil

Diuji pada Tanggal 15 Agustus 2022  
Oleh Dewan Penguji

**Pembimbing**

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

**Penguji I**

Ir. Bambang Sulistiono, MSCE.  
NIK: 805110201

**Penguji II**

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

Mengesahkan.



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK:095110101

## 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 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, 18 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Muaji Amirul Madani

(17511244)

## KATA PENGANTAR

Assalamu' alaikum Wr Wb

Puji syukur kehadiran Allah SWT Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dapat selesai dengan baik. . Shalawat dan salam senantiasa selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad ﷺ, sebagai suri tauladan dan pembimbing dalam melakukan setiap aktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Allahumma shalli 'ala muhammad, wa 'ala ali muhammad. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, disampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu mendoakan dan menjadi motivasi terbesar penyusun dalam menuntut ilmu serta melakukan setiap aktivitas.
2. Kakak dan adik yang selalu mendukung serta mendokan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Dinia Anggraheni S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak membantu dan memberikan masukan selama mengerjakan Tugas Akhir.
5. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE. selaku Dosen Penguji I yang telah memberi saran dan masukan.
6. Ibu Dwi Astuti Wahyu Wulan Pratiwi, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah memberi saran dan masukan.
7. Mas Tazka, selaku Laboran Laboratorium Hidraulika yang telah banyak membantu dan memberikan saran selama pengambilan data di Laboratorium.

8. Teman - teman yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terimakasih.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Disadari bahwa Tugas Akhir yang telah terselesaikan masih kurang sempurna karena keterbatasan pengetahuan. Oleh karena itu, diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir nantinya. Akhirnya, diharapkan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang akan membacanya.

Yogyakarta, 28 Oktober 2022

Penulis



Muaji Amirul Madani

17511244



## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Bangunan Mercu Bendung	4
2.3. Profil Muka air	7
2.4. Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1. Mercu Ogee	14

3.2.	Saluran Terbuka	15
3.2.1.	Definisi Saluran Terbuka	15
3.2.2.	Klasifikasi Aliran	16
3.2.3.	Kondisi Aliran	17
3.3.	Persamaan Energi	19
3.4.	Persamaan momentum	21
3.5.	Persamaan Kontinuitas	23
3.6.	Profil Muka Air	24
3.7.	Metode Integrasi Numerik	26
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		29
4.1.	Jenis Penelitian	29
4.2.	Alat dan Bahan Penelitian	29
4.3.	Data Penelitian	31
4.4.	Pembuatan Model Pengujian Eksperimental	32
4.5.	Analisis Data	35
4.6.	Prosedur Penelitian	36
4.7.	Bagan Alir Penelitian	37
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		38
5.1.	Analisis Data Eksperimen di Laboratorium	38
5.1.1.	Debit Aliran	39
5.1.2.	Kecepatan aliran	41
5.1.3.	Perhitungan Angka Froude (Fr)	45
5.1.4.	Profil Muka Air Eksperimen	49
5.2.	Analisis Numerik	63
5.2.1.	Profil Muka Air di Hulu	63

5.2.2. Profil Muka Air di Hilir	70
5.3. Pembahasan	82
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>89</b>
6.1. Kesimpulan	89
6.2. Saran	89
Daftar Pustaka	91





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbandingan Penelitian yang akan Dilakukan dengan yang Telah Dilakukan	10
Table 5. 1	Rekapitulasi Data Waktu dan Volume Air Tertampung	39
Table 5. 2	Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran	40
Table 5. 3	Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 1	42
Table 5. 4	Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 2	43
Table 5. 5	Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 3	44
Table 5. 6	Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 4	45
Table 5. 7	Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 1	46
Table 5. 8	Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 2	47
Table 5. 9	Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 3	48
Table 5. 10	Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 4	49
Table 5. 11	Panjang Loncat Air Eksperimen	49
Table 5. 12	Data Profil Muka Air Hulu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m	50
Table 5. 13	Data Profil Muka Air di Atas Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m	53
Table 5. 14	Data Profil Muka Air di Hilir Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m	55
Table 5. 15	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 1	65
Table 5. 16	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 2	66
Table 5. 17	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3	67
Table 5. 18	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman	

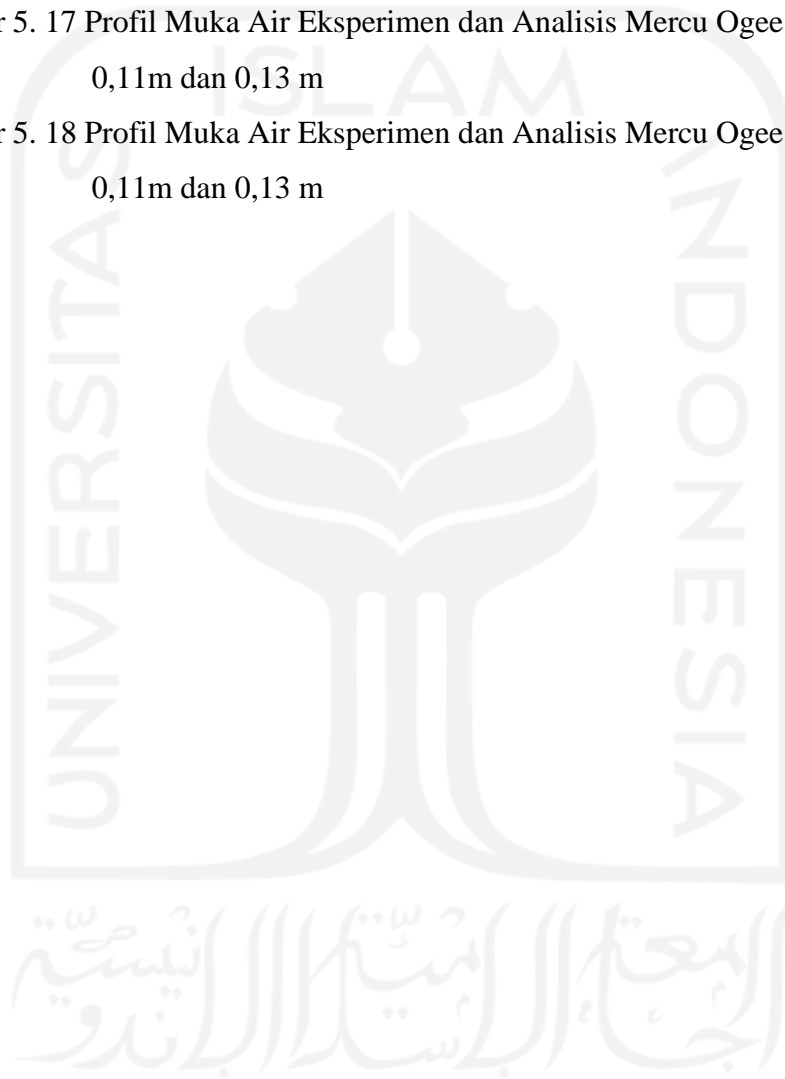
	0,12 m Mercu Ogee 4	69
Table 5. 19	Rekapitulasi Panjang Loncat Air Analisis	72
Table 5. 20	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 1	74
Table 5. 21	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 2	76
Table 5. 22	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3	78
Table 5. 23	Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 4	80
Table 5. 24	Panjang Loncat Air Eksperimen dan Analisis	84



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bentuk-Bentuk Mercu Ogee	15
Gambar 3. 2 Percobaan Reynolds	18
Gambar 3. 3 Tinggi Energi dalam Aliran Saluran Terbuka Berubah Lambat Laun	20
Gambar 3. 4 Sket suatu Volume Kontrol untuk menguraikan Penerapan Hukum Momentum	22
Gambar 3. 5 Tabung Aliran Untuk Menurunkan	24
Gambar 3. 6 Metoda Integrasi Numerik	28
Gambar 4. 1 Set <i>Hydraulic Flume</i>	30
Gambar 4. 2 Penggaris atau Mistar	30
Gambar 4. 3 Ketinggian Air di Hulu Bendung	31
Gambar 4. 4 Rencana model mercu bendung ogee tipe 1	32
Gambar 4. 5 Rencana model mercu bendung ogee tipe 2	33
Gambar 4. 6 Rencana model mercu bendung ogee tipe 3	34
Gambar 4. 7 Rencana model mercu bendung ogee tipe 4	35
Gambar 4. 8 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 5. 1 Sket Pengambilan Data di Laboratorium	38
Gambar 5. 2 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 1 pada $H_0 = 0,12$ m	59
Gambar 5. 3 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 2 pada $H_0 = 0,12$ m	60
Gambar 5. 4 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 3 pada $H_0 = 0,12$ m	61
Gambar 5. 5 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 4 pada $H_0 = 0,12$ m	62
Gambar 5. 6 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 1 pada $H_0 = 0,12$ m	65
Gambar 5. 7 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 2 pada $H_0 = 0,12$ m	67
Gambar 5. 8 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 3 pada $H_0 = 0,12$ m	68
Gambar 5. 9 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 4 pada $H_0 = 0,12$ m	69
Gambar 5. 10 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 1 pada $H_0 = 0,12$ m	75
Gambar 5. 11 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 2 pada $H_0 = 0,12$ m	77
Gambar 5. 12 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 3 pada $H_0 = 0,12$ m	79
Gambar 5. 13 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 4 pada $H_0 = 0,12$ m	81

Gambar 5. 14	Pebandingan Debit Tiap Mercu Ogee	82
Gambar 5. 15	Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 1 pada $H_0 = 0,11\text{m}$ dan $0,13\text{ m}$	85
Gambar 5. 16	Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 2 pada $H_0 = 0,11\text{m}$ dan $0,13\text{ m}$	86
Gambar 5. 17	Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 3 pada $H_0 = 0,11\text{m}$ dan $0,13\text{ m}$	87
Gambar 5. 18	Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 4 pada $H_0 = 0,11\text{m}$ dan $0,13\text{ m}$	88



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Ambang Mercu Ogee	94
Lampiran 2. Form Hasil Perhitungan	97



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	=	Luas penampang basah	(m <sup>2</sup> )
b	=	lebar mercu	(m)
B <sub>ef</sub>	=	bentang bersih bendung	(m)
C	=	<i>Critical</i>	
C <sub>d</sub>	=	Koefisien debit	
E <sub>s</sub>	=	Energi Spesifik	(m)
F <sub>r</sub>	=	Angka Froude	
g	=	percepatan gravitasi	(m/ dt <sup>2</sup> )
h <sub>e</sub>	=	kehilangan tekanan karena pusaran	
h <sub>f</sub>	=	kehilangan tekanan karena geseran	
H <sub>1</sub>	=	tinggi energi di atas ambang	(m)
H <sub>d</sub>	=	Tinggi Rencana	(m)
H <sub>0</sub>	=	Variasi Kedalaman Aliran	
I <sub>c</sub>	=	Kemiringan kritis	
I <sub>f</sub>	=	Kemiringan garis energi	
I <sub>o</sub>	=	Kemiringan dasar saluran	
L <sub>j</sub>	=	Panjang loncat air	(m)
n	=	Koefisien manning	
P	=	Keliling basah	(m)
Q	=	Debit,	(m <sup>3</sup> /d)
Q <sub>r</sub>	=	debit rencana	(m <sup>3</sup> /d)
R	=	Jari-jari hidraulik	(m)
R <sub>e</sub>	=	Angka reynolds	
t	=	Waktu	(detik)
V	=	Volume aliran	(m <sup>3</sup> )
v	=	Kecepatan aliran	(m/d)
y	=	Kedalaman aliran	(m)
y <sub>n</sub>	=	Kedalaman normal	(m)

- $y_c$  = Tinggi atau kedalaman kritis (m)  
 $y_d$  = Tinggi atau kedalaman air rencana (m)  
 $\alpha$  = Koefisien energi  
 $\gamma$  = Berat jenis cairan ( $\text{N/m}^3$ )





## ABSTRAK

Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung, hal ini mengakibatkan adanya terjunan, terjadi perubahan energi dan mengubah bentuk profil muka air. Analisis profil muka air merupakan suatu cara untuk memprediksi bentuk umum dari profil muka air, cara ini merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan saluran untuk aliran berubah lambat laun. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui perbedaan profil muka air di hulu dan hilir dengan eksperimen menggunakan 4 tipe bendung mercu Ogee dan analisis numerik.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Alat yang digunakan yaitu *Hydraulic Flume* dengan dimensi lebar 0,10 m, tinggi 0,33 m dan panjang 5 m dan 4 tipe ambang mercu ogee dengan dimensi lebar 0,10 dan tinggi 0,10 m. Sedangkan 4 tipe ambang mercu ogee memiliki m dan dibuat menggunakan bahan akrilik. Penelitian ini menggunakan variasi tinggi muka air hulu ( $H_0$ ) 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m, dan 0,15 m.

Hasil analisis menunjukkan bahwa profil muka air secara eksperimen dan analisis baik di bagian hulu maupun hilir didapatkan perbedaan antara tinggi muka air per-stasiunnya. Pada profil muka air hulu hasil analisis numerik terjadi penurunan kedalaman muka air tiap STA dari hulu sampai di atas mercu secara linier. Sedangkan kedalaman muka air eksperimen mulai mengalami penurunan ketika aliran mendekati ambang yaitu pada STA 8 atau STA 9, karena adanya terjunan. Pada profil muka air hilir kedalaman muka air eksperimen mulai mengalami kenaikan ketika ada loncat air.

**Kata kunci:** Profil muka air, Mercu ogee, Analisis numerik

## **ABSTRACT**

*Damming up will cause differences in water surface elevation between the upstream and downstream of the weir, this results in a fall, changes in energy and forms a water surface profile. Water surface profile analysis is a way to predict the general shape of the water level profile. This method is very important in channel planning for flow changes over time. The purpose of this study was to determine the differences in water surface profiles upstream and downstream by experimentation using 4 types of Ogee lighthouse weirs and numerical analysis.*

*The research was conducted at the Hydraulics Laboratory, Department of the Civil Engineering and Planning, Islamic University of Indonesia. The tools used are Hydraulic Flume and 4 types of the ogee crest weir. The Hydraulic Flume tool has dimensions of 0,10 m wide, 0,33 m high and 5 m long. While the 4 types of the ogee crest weir have a width dimension of 0,10 m according to the dimensions of the Hydraulic Flume tool and are made using acrylic material. This study uses variations in upstream water surface level ( $H_0$ ) 11 cm, 12 cm, 13 cm, 14 cm, and 15 cm.*

*The results of the analysis show that the water surface profile experimentally and analytically both in the upstream and downstream areas, there are differences between the water levels every station. In the upstream water surface profile, the results of numerical analysis show that there is a linear decrease in the depth of the water level at each STA from upstream to above the crest. While the depth of the experimental water level begins to decrease when the flow approaches the threshold, namely at STA 8 or STA 9, due to a waterfall. In the downstream water surface profile, the experimental water level begins to increase when there is a water jump.*

**Key words:** *Water surface profile, Ogee lighthouse, Numerical analysis*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendung, hal ini mengakibatkan adanya terjunan, terjadi perubahan energi dan mengubah bentuk profil muka air. Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung, bagian yang mengatur tinggi air minimum, melewati debit banjir dan untuk membatasi tinggi genangan yang akan terjadi di udik bendung. Bendung bermanfaat untuk menaikkan muka air agar bisa masuk ke pintu pengambilan untuk mengairi sawah, penentu tinggi muka air di sungai bagian hulu bendung, mengukur debit sungai, sebagai pelimpah aliran air, dan memperlambat aliran sungai agar air yang mengalir dari hulu bisa tertahan sementara sehingga mengalir ke hilir sungai dengan optimal. Agar aliran yang melimpah diatas mercu stabil, maka bentuk mercu bendung harus direncanakan dengan baik dari segi hidrolis. Di Indonesia umumnya digunakan dua tipe mercu untuk bendung yaitu tipe Ogee dan tipe bulat

Aliran air yang melalui bendung dengan debit yang berbeda akan berpengaruh pada profil muka air aliran dan karakteristiknya. Analisis profil muka air merupakan suatu cara untuk memprediksi bentuk umum dari profil muka air. Hal ini memungkinkan sang insinyur mempelajari sebelumnya profil-profil muka air yang mungkin dapat terjadi di saluran yang direncanakan. Cara ini merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan saluran untuk aliran berubah lambat laun. (Ven Te Chow, 1985). Oleh karena itu, penelitian mengenai profil muka air penting untuk dilakukan. Untuk mempermudah menganalisis fenomena profil muka air, bisa dilakukan studi model.

Studi model banyak digunakan untuk mendukung perencanaan bangunan air. Ada dua tipe model yaitu model matematik dan model fisik. Model matematik dapat digunakan apabila permasalahan yang ada dapat dirumuskan secara

matematis. Persamaan matematik tersebut kemudian diselesaikan secara numeris dengan menggunakan bantuan komputer. Model fisik digunakan apabila fenomena fisik dapat diproduksi dengan kesamaan yang cukup dengan memperkecil dimensi bangunan yang sesungguhnya. Kedua tipe model tersebut digunakan untuk tipe permasalahan yang berbeda, meskipun sering untuk suatu permasalahan kedua model tersebut dapat digunakan. (Bambang Triatmodjo, 2015).

Berdasarkan dengan uraian di atas, maka dilakukan percobaan tentang perbandingan profil muka air di hulu dan hilir bendung dengan eksperimen dan analisis numerik. Penelitian ini dilakukan melalui aliran dengan saluran terbuka berukuran kecil yang melewati suatu mercu bendung, dalam hal ini dilakukan melalui bangunan mercu ogee.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian kali ini adalah bagaimana perbedaan profil muka air di hulu dan hilir dengan eksperimen menggunakan 4 tipe bendung mercu Ogee dan analisis numerik.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui perbedaan profil muka air di hulu dan hilir dengan eksperimen menggunakan 4 tipe bendung mercu Ogee dan analisis numerik.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian yang sudah disebutkan, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut.

1. Memberi pengetahuan kepada pembaca mengenai perbedaan hasil eksperimen dan analisis profil muka air.
2. Menjadi referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas masalah profil muka air

### 1.5. Batasan Penelitian

Beberapa lingkup permasalahan yang dibatasi agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Pelaksanaan pengujian di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. *Flume* yang digunakan mempunyai ukuran lebar saluran 0,10 m.
3. Menggunakan 4 tipe bendung mercu Ogee.
4. Kemiringan dasar saluran mendatar atau  $0^0$ .
5. Tidak menganalisis perhitungan profil muka air di atas mercu bendung



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka merupakan bagian yang sangat penting dalam sebuah laporan penelitian, karena dalam bab ini mengungkapkan pemikiran atau teori yang melandasi dilakukannya suatu penelitian. Menurut pengertiannya, tinjauan pustaka adalah kegiatan yang meliputi : mencari, membaca, dan menelaah laporan penelitian dan bahan pustakan yang memuat teori relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berdasarkan hal itu, penelitian pengaruh bentuk mercu bendung Ogee terhadap profil muka air ini pun mengacu pada laporan tugas akhir atau penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang diantaranya adalah sebagai berikut.

#### **2.2. Bangunan Mercu Bendung**

Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung, dimana aliran dari hulu dapat mengalir atau melimpah ke hilir. Fungsi mercu bendung itu sendiri adalah sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu bendung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran air. Letak mercu bendung dan tubuh bendung diusahakan tegak lurus arah aliran sungai agar aliran yang menuju bendung terbagi merata (Dirjen Pengairan DPU KP 02, 2013).

##### **2.2.1. Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan Di Hilir Peredam Energi USBR III**

Penelitian yang dilakukan oleh Reski Martina dan Muhammad Hayat Sainuddin (2020) tentang “Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan Di Hilir Peredam Energi USBR III”. Salah satu bangunan air yang digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air adalah bendung. Bangunan bendung yaitu untuk meninggikan muka air sungai dan mengalirkan sebagian aliran air sungai yang ada ke arah tepi kanan dan tepi kiri sungai untuk

mengalirkannya ke dalam saluran melalui sebuah bangunan pengambilan jaringan irigasi. Tujuan selebihnya adalah dengan naiknya muka air sehingga akan dapat digunakan untuk mengaliri sawah. Bagian yang mengatur tinggi air minimum, melewati debit banjir dan untuk membatasi tinggi genangan yang akan terjadi di udik bendung adalah mercu bendung.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sungai Teknik Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan pada dua kondisi. Kondisi pertama adalah pada saat running dan kondisi kedua pada saat setelah running. Pada saat runnng dilakukan pengukuran kecepatan aliran dan kedalaman aliran pada setiap section pengamatan. Sedangkan kondisi setelah running dilakukan pengukuran kedalaman gerusan dihilir peredam energi. Data dari hasil pengamatan Laboratorium kemudian diolah sebagai bahan analisis hasil kajian sesuai dengan tujuan dan sasaran penelitian. Data yang diolah adalah data yang relevan yang dapat mendukung dalam menganalisis hasil penelitian.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pengaruh perubahan pada bangunan bentuk mercu bendung tipe Ogee menunjukkan karakteristik aliran yang berbeda. Dimana pada bangunan bentuk mercu bendung tipe Ogee 1 yaitu aliran turbulen, pada bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe II yaitu aliran transisi, dan pada bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe III yaitu aliran laminer. Dari hasil tersebut maka disimpulkan bahwa karakteristik aliran pada setiap bangunan bentuk mercu bendung Ogee berubah. Dan hasil data penelitian pada kedalaman gerusan bahwa pengaruh di setiap bangunan mercu bendung tipe Ogee menunjukkan kedalaman gerusan yang berbeda di setiap bangunannya. Dimana pada bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe I kedalaman gerusan rata-rata kedalaman gerusannya yaitu 1,78 cm. Pada bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe II kedalaman gerusan rata-rata kedalaman gerusannya yaitu 1,38 cm. Pada bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe III kedalaman gerusan rata-rata kedalaman gerusannya yaitu 1,20 cm. Dari hasil tersebut maka disimpulkan bahwa kedalaman gerusan terbesar terjadi di bangunan bentuk mercu bendung Ogee tipe I dan kedalaman gerusan terendah terjadi di bangunan bentuk mercu



bendung Ogee III.

### 2.2.2. Pengaruh Penempatan *Baffle Blocks* Tipe Setengah Silinder Terhadap Reduksi Panjang Loncatan Air Dan Energi Aliran Pada Pengalir Bendung Tipe Ogee

Penelitian yang dilakukan oleh Fuad Akbar Nugroho (2018) tentang “pengaruh Penempatan *Baffle Blocks* Tipe Setengah Silinder Terhadap Reduksi Panjang Loncatan Air Dan Energi Aliran Pada Pengalir Bendung Tipe Ogee”. Air adalah senyawa yang paling penting bagi semua bentuk kehidupan sampai saat ini di bumi. Terkadang pemanfaatan air di masyarakat kurang diperhatikan, sehingga diperlukan cara pemanfaatan air. Salah satu cara untuk memanfaatkan air adalah bangunan bendung. Peninggian muka air yang disebabkan oleh pembendungan mengakibatkan adanya aliran deras (superkritis) di bagian hilir bendung dan akan menimbulkan terjadinya loncatan air (*hydraulic jump*). Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk menguji unjuk kerja bendung dengan tipe pelimpah parbola dan dibandingkan dengan pelimpah Ogee. Pengujian lain adalah untuk menguji efektifitas *baffle blocks* tipe miring di dalam mereduksi energi aliran, panjang loncatan air serta turbulensi aliran dibanding dengan *baffle blocks* tipe tegak. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan bendung terutama tipe parabola dan Ogee pada pelimpah hilir miring dengan kolam olak USBR tipe II serta sebagai acuan penggunaan susunan *baffle blocks* tipe miring yang paling efektif dan ekonomis sebagai peredam energi.

Dalam penelitian ini terdapat 3 perencanaan dalam melakukan percobaan. Perencanaan pertama adalah pembuatan model pelimpah. Bangunan pelimpah direncanakan dengan debit (Q) yang maksimum agar mendapat variasi debit aliran yang beragam. Perencanaan kedua adalah pembuatan kolam olak. Perencanaan terakhir adalah pembuatan *baffle blocks*. *Baffle blocks* terbuat dari bahan kayu berbentuk kotak jajar genjang berdimensi  $2\text{ cm} \times 2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$  dengan kemiringan sudut  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $75^\circ$  dengan tiga variasi susunan perletakkan *baffle blocks*, yaitu variasi a (tanpa *baffle blocks*), variasi b (awal radius olakan) dan variasi c (tengah radius olakan).

Berdasarkan data penelitian serta hasil analisis dan pembahasan didapat

sebagai berikut :1) Susunan *baffle blocks* yang paling baik untuk meredam energi aliran berturut-turut adalah seri Z75.U = 0,7201, Z90.U = 0,7253, B75.U = 0,6771 B90.U = 0,7108, Z75.A75.U = 0,6806, A90.U = 0,6797 dan X0.U = 0,7336 2) Posisi *baffle blocks* yang paling efektif untuk mereduksi panjang loncat air berturut-turut adalah seri Z75.U (33,78%), Z90.U (25,69%), B75.U (23,49%), B90.U (21,29%), A75.U (20,51%) dan A90.U (16,62%). 3) Unjuk kerja dari bentuk dan posisi *baffle blocks* yang paling efektif meredam turbulensi di hilir pusaran berturut-turut adalah seri Z75.U (7378,42), Z90.U (7390,90), B75.U (7394,97), B90.U (7452,44), A75.U (7454,64), A90.U (7457,10) dan X0.U (7472,71)

### 2.3. Profil Muka air

#### 2.3.1. Pengaruh Bentuk Bagian Hilir Ambang Terhadap Profil Muka Air Aliran

Penelitian yang dilakukan oleh Febri Dwi Cahya Gumilar (2018) dengan judul “Pengaruh Bentuk Bagian Hilir Ambang Terhadap Profil Muka Air Aliran”. Ditinjau dari lintasan aliran, diperoleh banyak bangunan pelimpah seperti bangunan waduk, bendung, dan sadap. Fungsi bangunan pelimpah beragam, tergantung dari bagaimana bentuk bangunan pelimpah yang tersedia. Sebagai contoh bangunan bendung yang pelimpahnya memiliki fungsi untuk meninggikan aliran air sungai, kemudian mengarahkannya menuju pintu intake bendung. Contoh lain adalah bangunan pelimpah yang pada bagian pelimpahnya memiliki fungsi untuk menguras air jika suatu saat ada pekerjaan perbaikan bangunan air atau perbaikan saluran. Pada intinya, setiap bangunan pelimpah memiliki fungsi yang berbeda-beda.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia . ambang yang digunakan yaitu ambang lebar dengan aliran pada saluran diasumsikan aliran mantap (*steady flow*). Percobaan dilakukan dengan 5 model variasi ambang yang berbeda pada bagian hilir yaitu variasi 1 dengan sudut  $0^\circ$ , variasi 2 dengan sudut  $15^\circ$ , variasi 3 dengan sudut  $30^\circ$ , variasi 4 dengan sudut  $45^\circ$ , variasi 5 dengan sudut  $60^\circ$ .

Hasil percobaan menunjukkan nilai dari koefisien debit nyata tiap ambang

dengan variasi sudut mengalami perbedaan yang signifikan per-masing-masing sudut. Untuk Cd pada ambang  $0^\circ$  dengan tinggi pelimpahan berturut – turut sebesar 0,0352 m, 0,045 m, dan 0,056 m adalah masing-masing 0,88896, 0,82118, dan, 0,81477. Untuk ambang  $15^\circ$  adalah 0,87594, 0,85172, dan 0,81751. Untuk ambang  $30^\circ$  adalah 0,91588, 0,86905, dan 0,87167. Untuk Ambang  $45^\circ$  adalah 0,93215, 0,85961, dan 0,87703. Terakhir untuk ambang  $60^\circ$  adalah sebesar 0,93329, 0,85144, dan 0,90619. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut bagian hilir ambang, maka semakin tinggi pula nilai koefisien debit.

### 2.3.2. Analisis Aliran Berubah Lambat Laun Pada Saluran Terbuka Dengan Beberapa Kemiringan Dan Bangunan Air

Penelitian yang dilakukan oleh Raden Ridwan Handal Tedja Permana (2020) tentang “Analisis Aliran Berubah Lambat Laun Pada Saluran Terbuka Dengan Beberapa Kemiringan dan Bangunan Air”. Pengembangan teknologi pada beberapa penelitian dan proyek bangunan air tidak terlepas dari peran serta Laboratorium fisik hidraulika. Pada penelitian seperti bangunan pembangkit listrik tenaga air, mikro hidrologi, *spillway* pada bendungan, irigasi dan drainase perkotaan dibutuhkan pemodelan hidraulik di Laboratorium untuk memprediksi aliran dan fenomena hidraulik yang akan terjadi pada saluran terbuka.

Penelitian Laboratorium untuk aliran pada saluran terbuka dapat mengungkap banyak fenomena hidraulika yang terjadi, seperti perubahan tipe aliran yang diakibatkan oleh perubahan kemiringan, perubahan kedalaman saluran ataupun penambahan bangunan air. Profil muka aliran pada aliran berubah lambat laun akan lebih tergambar pada penelitian saluran terbuka. *Flume* saluran terbuka merupakan salah satu contoh penelitian yang dilakukan dalam Laboratorium. *Flume* merupakan penelitian yang paling sederhana namun mampu menggambarkan fenomena aliran sehingga dapat berkontribusi pada pengembangan ilmu.

Hasil percobaan menunjukkan Pada tinggi muka air yang didapatkan setelah terjadi pembendungan setinggi 5 cm dan 10 cm terdapat selisih nilai tinggi muka air pada setiap titik pengamatan. Pada selisih tinggi muka setelah pembendungan 5 cm memiliki rata-rata selisih sebesar 25,165%, selisih tinggi muka air setelah

pembendungan 10 cm memiliki rata-rata selisih 12,81% dan selisih tinggi muka air setelah pembendungan bendung Ogee 10 cm memiliki rata-rata selisih 8,47% yang ditinjau dari data jurnal Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis.

#### 2.3.4. Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis

Penelitian yang dilakukan Edy Harseno dan Setdin Jonas (2007) tentang “Studi Eksperimental Aliran Berubah Beraturan Pada Saluran Terbuka Bentuk Prismatis”. Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik disepanjang saluran, tekanan dipermukaan air adalah sama. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), Parameter saluran sangat tidak teratur baik terhadap ruang dan waktu. Parameter tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, pembendungan, debit aliran dan sebagainya. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui tinggi permukaan air secara bertahap di sepanjang saluran agar dapat digunakan sebagai informasi dalam perencanaan saluran dan bermanfaat memberikan sumbangan pengetahuan tentang perilaku aliran berubah beraturan pada saluran terbuka prismatis.

Metodologi penelitian yang dilakukan yaitu pembuatan bahan saluran, pembuatan saluran, Pengukuran Debit Aliran Saluran Terbuka (Q), Pengukuran Kemiringan Dasar Saluran ( $I_0$ ), Pengukuran Koefisien Kekasaran Manning (n), Pengukuran Profil Permukaan Aliran (garis pembendungan) .

Dari hasil pengamatan dan analisis didapat Peragaan melalui pembendungan setinggi 5 cm dan 10 cm, menunjukkan bahwa pada kemiringan saluran yang berbeda, tinggi muka air di setiap interval terjadi secara beraturan, sehingga grafik kurva permukaan aliran air dan air balik (*backwater surface curve*) terjadi dengan baik. Profil muka air yang terjadi dari hasil peragaan akibat adanya pembendungan termasuk dalam tipe kurva M (*mild*) profil M1, karena  $y > y_n > y_c$  .

#### 2.4. Keaslian Penelitian

Berdasarkan dari tinjauan penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini akan dilakukan beberapa variasi dan metode yang berbeda dari penelitian yang sudah ada, Perbedaan penelitian pada Tugas Akhir ini dengan penelitian sebelumnya yaitu:

**Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian yang akan Dilakukan dengan yang Telah Dilakukan**

Peneliti	Judul Penelitian	Rumusan Masalah	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Reski Martina, Muh Hayat Sainuddin (2020)	Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee Terhadap Gerusan Di Hilir Peredam Energi Usbr III	1. Bagaimana mengetahui pengaruh perubahan bentuk mercu bendung tipe Ogee terhadap karakteristik aliran.  2. Bagaimana mengetahui pengaruh bentuk mercu bendung tipe Ogee terhadap	1. Dilakukan yaitu penelitian eksperimen yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali.  2. Menggunakan data primer yang diperoleh secara langsung dari sumber asli atau pihak pertama. Data primer secara khusus dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan riset atau peneliti.	1. Menunjukkan bahwa variasi bangunan mercu bendung memperlihatkan hasil kedalaman gerusan yang berbeda beda, gerusan tertinggi terjadi pada bangunan mercu bendung tipe Ogee I dengan rata-rata kedalaman gerusan yaitu 1,76 cm/menit dan gerusan terendah terjadi pada bangunan mercu bendung Ogee tipe III dengan rata-rata kedalaman gerusan yaitu 1,20 cm/menit.  2. Menunjukkan bahwa bentuk mercu

		kedalaman gerusan	3. Menggunakan data sekunder yaitu data yang didapatkan dari literatur dan hasil penelitian yang ada.	bendung Ogee I memiliki karakteristik aliran turbulen dengan kedalaman gerusan yaitu 1,75 cm. Pada bentuk mercu bendung Ogee II memiliki karakteristik aliran turbulen dengan kedalaman gerusan yaitu 1,38 cm. Sedangkan pada bentuk mercu bendung oge III memiliki karakteristik aliran transisi dengan kedalaman gerusan 1,20 cm.
Febri Dwi Cahya Gumilar (2018)	Pengaruh Bentuk Bagian Hilir Ambang Terhadap Profil Muka Air Aliran	1. Bagaimana koefisien debit pada masing-masing model ambang yang diujikan? 2. Bagaimana pengaruh bentuk	1. Menyiapkan 5 peraga ambang pelimpah yang masing-masing ukurannya telah ditentukan sebelumnya. 2. Melakukan pengambilan data-data primer yang tersedia dari hasil percobaan. 3. Melakukan analisa data.	1. Tinggi profil muka air nyata dengan teoritis di bagian hulu tidak mengalami perbedaan yang signifikan karena pada bagian hulu, air yang mengalir hanya berubah lambat laun mengikuti kemiringan <i>flume</i> . Rata-rata angka penurunan tinggi teoritis adalah

		<p>bagian hilir ambang terhadap profil muka air terukur dibandingkan dengan profil muka air teoritis ?</p>	<p>4. Membandingkan hasil dari data-data yang diperoleh.</p>	<p>sebesar 0,000002 m per masing-masing pias.</p> <p>2. Nilai tinggi profil muka air nyata di bagian atas ambang dan hilir ambang mengalami perbedaan yang cukup signifikan. Hal itu disebabkan karena pada aliran di atas terjunan, air mengalir berubah tiba-tiba sehingga kehilangan energi yang terjadi cukup besar.</p> <p>3. Sudut ambang bagian hilir sangat mempengaruhi bentuk profil muka air di hilir karena semakin curam terjunan, maka semakin banyak faktor yang membuat profil muka air tidak beraturan.</p> <p>4. Model ambang terbaik adalah ambang dengan kemiringan di bagian hilir sebesar 60°.</p>
--	--	--	--	--



<p>Muaji Amirul Madani (2022)</p>	<p>Pengaruh Bentuk Mercu Terhadap Profil muka air</p>	<p>1. Bagaimana profil muka air akibat pembendungan dengan 4 tipe mercu Ogee di hulu dan hilir bendung disimulasikan di Laboratorium dan analisis numerik?</p>	<p>1. Dilakukan penelitian eksperimen menggunakan alat <i>flume</i> untuk mengetahui karakteristik aliran 2. Mensimulasikan profil muka air di Laboratorium dan serta analisis numerik</p>	<p>1. Pada bagian hulu bendung merupakan Kurva M1 (<math>y &gt; y_n &gt; y_c</math>), bagian atas mercu bendung adalah Kurva M2 (<math>y_n &gt; y &gt; y_c</math>) dan pada bagian hilir bendung merupakan Kurva M3 (<math>y_n &gt; y_c &gt; y</math>). Namun ada hal yang menjadikan sedikit perbedaan pada profil muka air di hulu bendung karena pengaruh sudut bendung. Semakin besar sudut bendung maka kedalaman aliran yang akan melewati bendung akan lebih tinggi dibandingkan kedalaman aliran yang memiliki sudut bendung lebih kecil.</p>
---	---	--	--	---

## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Mercu Ogee

Mercu bendung adalah bagian teratas dari tubuh bendung, dimana aliran dari hulu dapat mengalir atau melimpah ke hilir. Fungsi mercu bendung itu sendiri adalah sebagai penentu tinggi muka air minimum di sungai bagian hulu bendung, sebagai pengempang sungai dan sebagai pelimpah aliran air. Letak mercu bendung dan tubuh bendung diusahakan tegak lurus arah aliran sungai agar aliran yang menuju bendung terbagi merata (Dirjen Pengairan Umum DPU KP 02, 2013). Di Indonesia pada umumnya digunakan dua tipe mercu yaitu tipe mercu Ogee dan tipe mercu bulat. Pada penelitian kali ini digunakan tipe mercu Ogee.

Mercu Ogee berbentuk tirai luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu mercu ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang lebih rendah air akan memberikan tekanan ke bawah pada mercu (Dirjen Pengairan Umum DPU KP-02, 2013).

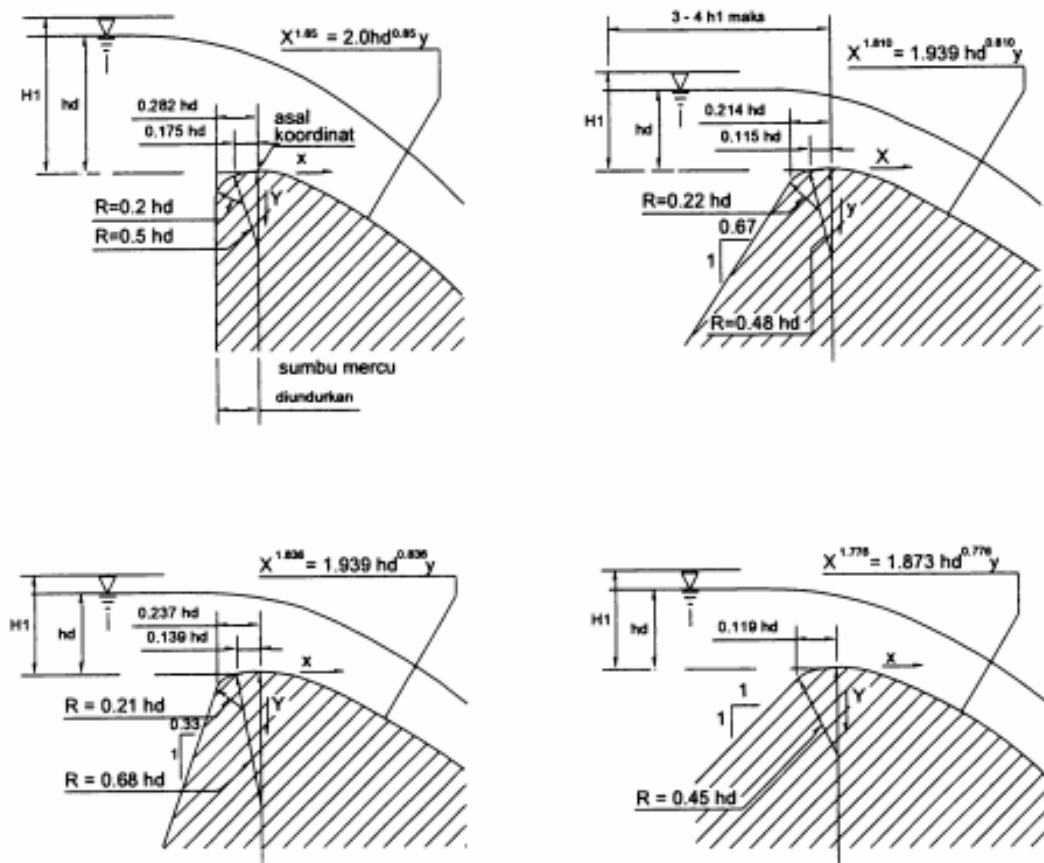
Perlu diperhatikan bahwa bentuk mercu Ogee ini tergantung pada kemiringan permukaan hulunya, sehingga pada kondisi sungai yang banyak membawa endapan bentuk ini tidak dapat digunakan karena bentuk permukaan hulunya akan selalu berubah tergantung pada banyaknya endapan dibagian hulunya. Kalau di hulu bendung dipenuhi oleh endapan, maka kemiringan permukaan hulunya adalah horisontal, dan kondisi ini tidak tercakup dalam daftar diatas. Karenanya sebaiknya bentuk mercu ini hanya digunakan pada bendungan atau sungai yang tidak mengandung endapan.

$$Q = C_d \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g} \cdot b H_1^{1,5} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{dt)}$$

- $C_d$  = koefisien debit  
 $g$  = percepatan gravitasi ( $m/dt^2$ )  
 $b$  = panjang mercu (m)  
 $H_1$  = tinggi energi di atas mercu (m)



**Gambar 3. 1 Bentuk-Bentuk Mercu Ogee**

(sumber: KP-02)

## 3.2. Saluran Terbuka

### 3.2.1. Definisi Saluran Terbuka

Saluran terbuka merupakan aliran yang memiliki permukaan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di atas muka airnya dipengaruhi oleh tekanan udara atau yang biasa disebut tekanan atmosfer. Aliran air yang melewati bendung adalah termasuk aliran saluran terbuka (*open channel flow*). Pada saluran

terbuka variabel aliran sangat tidak teratur, variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar saluran, belokan, debit aliran dan sebagainya.

### 3.2.2. Klasifikasi Aliran

Aliran saluran terbuka dapat diklasifikasikan menjadi berbagai tipe tergantung yang digunakan. Berdasarkan perubahan kedalaman atau kecepatan mengikuti fungsi waktu, aliran dapat dibedakan menjadi aliran tetap (*steady flow*) dan tidak tetap (*unsteady flow*). Sedangkan berdasarkan ruang, maka aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tidak seragam (*non uniform flow*)

#### 1 Karakteristik aliran berdasarkan terhadap waktu

##### a Aliran tetap (*Steady flow*)

Suatu aliran dengan besaran aliran di suatu titik adalah tetap terhadap waktu selama periode waktu yang ditinjau. Aliran disebut tetap apabila variabel aliran seperti kecepatan, kedalaman, dan debit pada setiap tampang disepanjang saluran tidak berubah terhadap waktu.

##### b Aliran tidak tetap (*Unsteady flow*)

Kondisi dimana Suatu aliran dengan besaran aliran di suatu titik tidak tetap selama periode waktu yang ditinjau. Aliran disebut tidak tetap apabila variabel aliran seperti kecepatan, kedalaman, dan debit pada setiap tampang disepanjang saluran berubah terhadap waktu.

#### 2 Karakteristik aliran berdasarkan ruang

##### a Aliran Seragam (*Uniform flow*)

Suatu aliran dengan besaran aliran pada suatu saat adalah sama di sepanjang aliran. Aliran disebut seragam apabila berbagai variable aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit di sepanjang saluran adalah konstan.

##### b Aliran tidak seragam (*Non Uniform flow*)

Kondisi dimana Suatu aliran dengan besaran aliran pada suatu saat adalah berubah di sepanjang aliran. Aliran disebut seragam apabila berbagai variable aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit di sepanjang saluran tidak konstan.

### 3.2.3. Kondisi Aliran

Kondisi aliran ditentukan oleh kekentalan kinematik dan gaya inersianya.

1. Berdasarkan pengaruh gravitasi (*inertial force*) yang dinyatakan dengan angka Froude

Angka Froude (Fr) adalah bilangan tidak berdimensi yang berguna untuk menyatakan keadaan aliran. Angka Froude dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Fr = angka Froude

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

g = gravitasi, 9,81 m/ dt<sup>2</sup>

D = kedalaman hidraulik (m)

Menurut Triatmodjo (2013), penggolongan jenis aliran dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan di atas adalah sebagai berikut ini:

- a Aliran Subkritik (Fr < 1,0)

Kedalaman aliran lebih besar dari pada kecepatan aliran rendah dan untuk nilai Froude yaitu kurang dari 1 (Fr < 1).

- b Aliran Kritis (Fr = 1,0)

Aliran yang mengalami gangguan permukaan, seperti yang diakibatkan oleh riak yang terjadi karena batu yang dilempar ke dalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arus. Aliran ini dikategorikan aliran kritis apabila nilai bilangan Froude sama dengan 1 (Fr = 1)

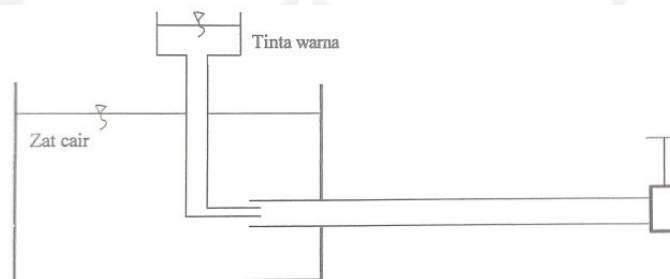
- c Aliran Superkritik (Fr > 1,0)

Kedalaman aliran ini relatif lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi. Aliran jenis ini memiliki nilai Froude lebih besar dari 1 (Fr > 1)

2. Berdasarkan kekentalan (*viscositas*) dinyatakan dengan angka Reynolds

Buku hidro FTSP UII (2018) Kekentalan adalah sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak atau mengalir. Kekentalan disebabkan karena kondisi kohesi antara partikel zat cair, oleh karena itu suatu zat cair yang kental akan lebih sukar mengalir dibandingkan dengan zat cair

yang kental akan lebih sukar mengalir dibandingkan dengan zat cair yang lebih encer. Reynolds mengadakan percobaan untuk mengamati jenis aliran yang terjadi. Percobaan dilakukan pada beberapa ukuran diameter pipa, dengan kran pada bagian belakang. Ternyata jenis aliran dipengaruhi oleh diameter pipa, jenis zat cair dan kecepatan aliran, yang dinyatakan dalam angka tak berdimensi reynolds atau angka Re. Reynold menunjukkan bahwa aliran dapat diklasifikasikan berdasarkan suatu angka tertentu dengan membagi kecepatan aliran di dalam pipa dengan nilai  $\mu / \rho D$ , yang disebut dengan angka Reynold. Angka Reynold dapat dicari dengan persamaan berikut ini:



**Gambar 3. 2 Percobaan Reynolds**

(sumber: Modul-24 Hidraulika-2)

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot V}{\mu} \quad (3.3)$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\mu / \rho} \quad (3.4)$$

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (3.5)$$

Keterangan:

Re = angka Reynolds

$\nu$  = kecepatan aliran rata-tata (m/s)

R = jari-jari hidraulik (m)

$\nu$  = kekentalan kinematik ( $\text{m}^2 / \text{s}$ ), untuk air pada suhu  $20^{\circ} \text{C}$   $\nu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$

Jika ditinjau dari pengaruh kekentalannya, maka aliran zat cair rill dapat dibedakan menjadi aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar terjadi jika pengaruh kekentalannya dominan, partikel-partikel zat cair bergerak secara teratur, mengikuti lapisan-lapisan. Aliran ini terjadi pada aliran zat cair dengan

kekentalan besar dan kecepatan kecil. Sebaliknya jika kekentalan kecil dan kecepatan cukup besar, maka partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur, disebut aliran turbulen. Menurut Triatmodjo (2013), penggolongan aliran berdasarkan angka Reynolds yang berhubungan dengan karakteristik aliran adalah sebagai berikut ini:

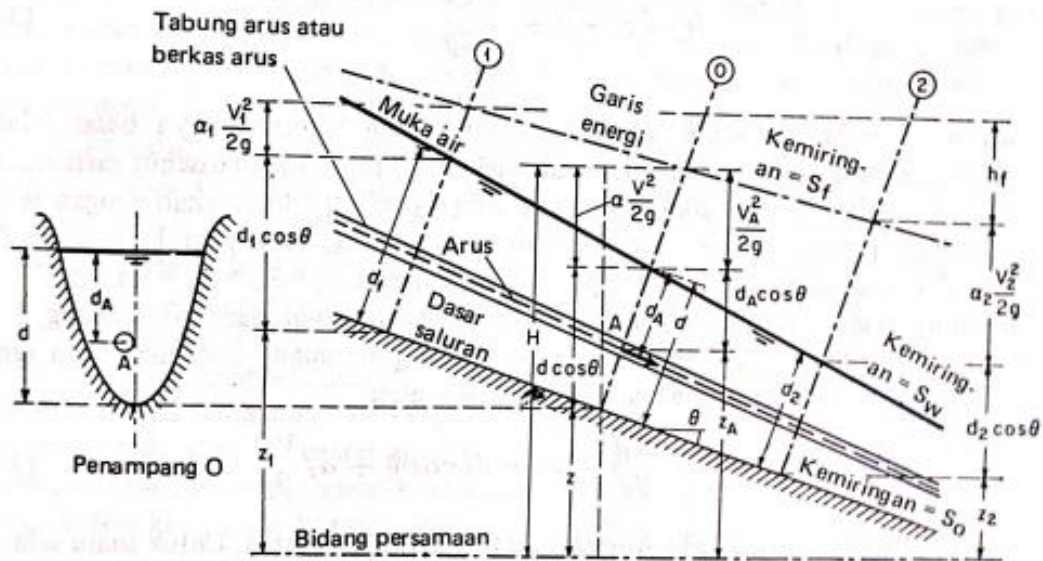
- a. Aliran laminar, terjadi bila  $Re < 2000$ ,
- b. Aliran transisi, terjadi bila  $2000 < Re < 4000$
- c. Aliran turbulen, terjadi bila  $Re > 4000$ .

### 3.3. Persamaan Energi

Pada zat cair yang mengalir, terdapat gaya-gaya yang bekerja dengan hitungan yang terbilang sulit mengingat ada faktor yang mempengaruhinya. Tidak hanya kecepatan maupun arah partikel zat cair yang mengalir, faktor yang mempengaruhi gaya pada zat cair yang mengalir dapat dikarenakan adanya kekentalan yang menyebabkan geseran antara partikel-partikel zat cair dan juga antara zat cair dan dinding batas.

Dalam prinsip energi, jumlah energi tiap satuan berat dari setiap aliran yang melalui suatu penampang saluran dapat dinyatakan sebagai jumlah tinggi energi (dalam meter) yang besarnya sama dengan jumlah tinggi letak, tinggi tekanan dan tinggi kecepatan, dihitung dari suatu datum tertentu (Anggrahini, 1997)





**Gambar 3. 3 Energi Dalam Aliran Saluran Terbuka Berubah Beraturan**

(sumber: Chow Ven Te, 1985)

Pada suatu saluran satu dimensi di dalam suatu saluran terbuka dengan kemiringan besar seperti gambar di atas, jumlah tinggi energi  $H$  pada suatu penampang  $O$  di titik  $A$  yang terletak pada suatu garis arus dinyatakan dengan:

$$H = z_A + d_A \cos \theta + \frac{V_A^2}{2g} \quad (3.6)$$

Keterangan:

$H$  = tinggi energi, di atas bidang persamaan dalam (m)

$z_A$  = tinggi titik di atas bidang persamaan dalam (m)

$d_A$  = dalamnya titik  $A$  di bawah muka air diukur sepanjang saluran dalam (m).

$\theta$  = sudut kemiringan dasar saluran

$V_A$  = kecepatan arus yang melalui titik  $A$  dalam (m/det)

$\frac{V_A^2}{2g}$  = tinggi kecepatan dari arus yang melalui titik  $A$  dalam (m)

Pembagian kecepatan pada penampang saluran pada umumnya tidak seragam, oleh karena itu tinggi kecepatan dari setiap arus yang melalui suatu penampang saluran akan berbeda-beda berdasarkan pembagian kecepatan tersebut. Namun untuk keperluan praktis, dalam aliran seragam atau aliran berubah lambat laun pada umumnya digunakan harga kecepatan rata-rata, dan selanjutnya koefisien  $\alpha$  dipakai dalam persamaan energi tersebut. Dengan demikian persamaan (3.6)

dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H = Z + d \cos \theta + \frac{\alpha V^2}{2g} \quad (3.7)$$

Pada suatu aliran prismatis dengan kemiringan besar, misalnya gambar 3.3, garis yang menunjukkan ketinggian dari jumlah tinggi energi aliran disebut garis energi. Kemiringan garis ini menunjukkan gradien energi, dan dinyatakan dengan notasi  $i_f$ . Kemiringan permukaan air dinyatakan dengan notasi  $i_w$ , dan kemiringan permukaan dasar saluran dinyatakan dengan notasi  $i_b = \sin \theta$ . Untuk aliran seragam tiga garis tersebut adalah sejajar,  $i_f = i_w = i_b = \sin \theta$ . Menurut hukum ketetapan energi, jumlah tinggi energi di penampang 1 (hulu) akan sama dengan tinggi energi di penampang 2 (hili) ditambah dengan tinggi  $h_f$  yaitu jumlah kehilangan tinggi energi antara dua penampang tersebut, jadi:

$$Z_1 + d_1 \cos \theta + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + d_2 \cos \theta + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f \quad (3.8)$$

Untuk aliran dengan kemiringan kecil dimana  $\cos \theta$  dianggap sama dengan satu maka persamaan tersebut berubah menjadi:

$$Z_1 + h_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_f \quad (3.9)$$

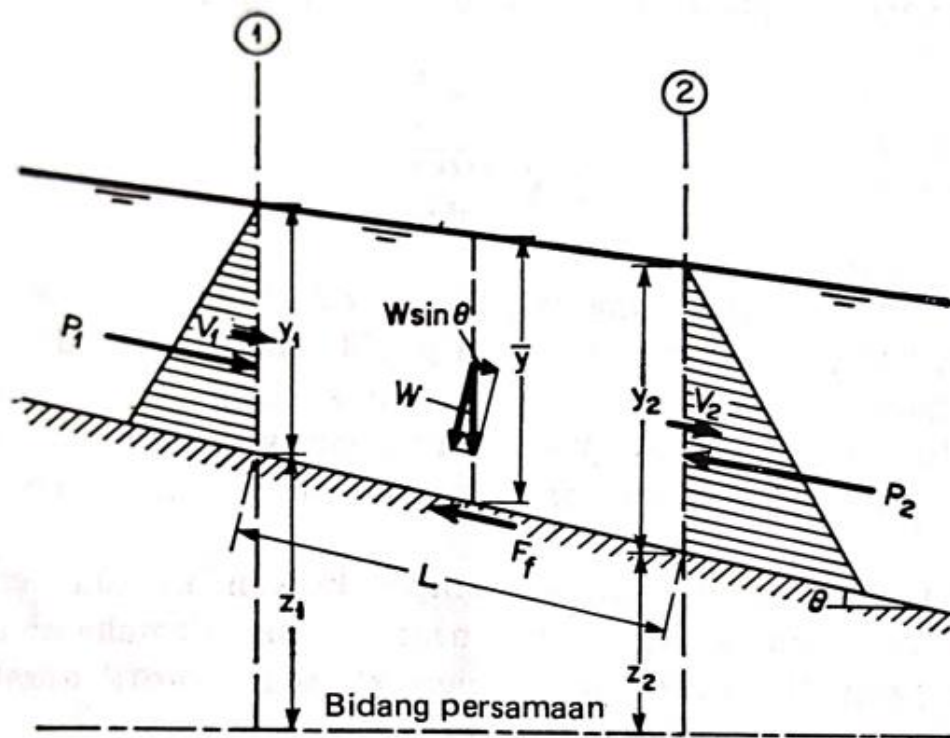
Persamaan (3.8) dan (3.9) tersebut adalah persamaan energi. Apabila  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  dan  $h_f$  maka persamaan tersebut menjadi:

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} = \text{tetap} \quad (3.10)$$

Yaitu persamaan Bernoulli

### 3.4. Persamaan momentum

Menurut hukum mekanika, besarnya momentum cairan yang melalui suatu penampang saluran per satuan waktu dinyatakan dengan  $\beta \gamma Q v/g$ , dimana  $\beta$  adalah koefisien momentum  $\gamma$  adalah berat jenis cairan,  $Q$  adalah debit aliran,  $v$  adalah rata-rata kecepatan aliran dan  $g$  adalah gaya gravitasi. Selanjutnya prinsip momentum dalam saluran terbuka dapat dijelaskan dengan menggunakan uraian penerapan Hukum Newton kedua pada bentuk aliran saluran terbuka dengan kemiringan besar seperti pada gambar 3.4



**Gambar 3. 4 Sket suatu Volume Kontrol untuk menguraikan Penerapan Hukum Momentum**

(sumber: Chow Ven Te, 1985)

Menurut Hukum Newton kedua perubahan momentum tiap satuan waktu dalam suatu volume kontrol adalah sama dengan resultan gaya yang bekerja pada volume kontrol tersebut. Penerapan prinsip tersebut pada suatu volume kontrol seperti gambar di atas diperoleh persamaan momentum sebagai berikut

$$\frac{\gamma Q}{g} (\beta_2 V_2 - \beta_1 V_1) = P_1 - P_2 + W \sin \theta - F_f \quad (3.11)$$

Dimana:

$Q$  = debit aliran ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$\gamma$  = berat jenis cairan ( $\text{N}/\text{m}^3$ )

$V_1$  dan  $V_2$  = kecepatan rata-rata di penampang 1 dan pada penampang 2 ( $\text{m}/\text{det}$ )

$P_1$  dan  $P_2$  = resultan gaya-gaya yang bekerja pada penampang 1 dan pada penampang 2 di dalam volume kontrol (N)

- $W$  = berat cairan di dalam volume kontrol (N)  
 $\theta$  = sudut kemiringan dasar saluran.  
 $F_f$  = gaya-gaya yang terdiri dari geseran dan hambatan yang bekerja sepanjang bidang kontak antara dan saluran (N)  
 $\beta_1$  dan  $\beta_2$  = koefisien momentum pada penampang 1 dan 2, tanpa dimensi.  
 $g$  = gaya gravitasi ( $m/det^2$ ).

### 3.5. Persamaan Kontinuitas

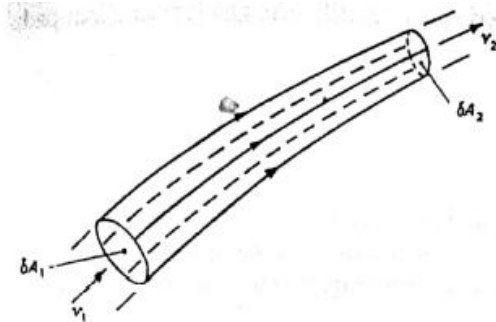
Persamaan kontinuitas didasarkan pada hukum konservasi masa. Untuk aliran permanen menyatakan bahwa debit di sepanjang saluran adalah tetap. Jika terdapat sistem aliran maka volume yang masuk sistem aliran sebanding dengan perubahan volume aliran. Menurut Triatmodjo (2012) jika zat cair tidak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui saluran tertutup ataupun saluran terbuka, dengan menggunakan tampang aliran konstan atau tidak konstan, maka volume zat cair yang mengalir tiap satuan waktu adalah sama pada semua tampang. Kejadian ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair.

Dilihat pada gambar 3.4 Untuk aliran satu dimensi dan tetap, kecepatan rata-rata dan tampang lintang pada titik 1 dan 2 adalah  $V_1, dA_1$  dan  $V_2, dA_2$ . Volume zat cair yang masuk melalui tampang 1 tiap satuan waktu adalah  $V_1 dA_1$ , sedangkan volume zat cair yang keluar melalui tampang 2 tiap satuan waktu adalah  $V_2 dA_2$ . Karena tidak ada kehilangan zat cair di dalam tabung aliran, maka :

$$V_1 \cdot dA_1 = V_2 \cdot dA_2 \quad (3.12)$$

Integrasi dari persamaan tersebut pada seluruh tampang aliran, akan didapat volume zat cair yang melalui medan aliran, seperti berikut ini :

$$V_1 \int_{A_1} dA_2 = V_2 \int_{A_2} dA_2 \quad (3.13)$$



**Gambar 3. 5 Tabung Aliran Untuk Menurunkan**

(Sumber : Triatmodjo, 2012)

$$V_1.A_1 = V_2.A_2 \quad (3.14)$$

atau

$$Q = .VA = \text{konstan} \quad (3.15)$$

Kedua persamaan di atas disebut dengan persamaan kontinuitas untuk zat cair tak kompresibel.

### 3.6. Profil Muka Air

Untuk menyederhanakan analisis maka ditinjau suatu saluran lebar dan dangkal berbentuk segi empat dengan debit konstan. Saluran dengan bentuk tampang lintang lain yang banyak dijumpai di lapangan mempunyai karakteristik profil tidak jauh berbeda dengan saluran yang ditinjau.

Berdasarkan rumus manning kemiringan garis energi untuk saluran lebar dan dangkal diberikan oleh:

$$I_f = \frac{n^2 V^2}{y^3} = \frac{n^2 Q^2}{B^2 y^3} \quad (3.16)$$

Untuk aliran seragam di mana  $I_f = I_o$  dan kedalaman aliran adalah  $y_n$  (kedalaman normal) maka:

$$I_o = \frac{n^2 V^2}{y^3} = \frac{n^2 Q^2}{B^2 y^3} \quad (3.17)$$

Untuk saluran segi empat kedalaman kritis  $I_c$  diberikan oleh:

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gxB^2}} \quad (3.18)$$

Dengan menggunakan hubungan (3.10), (3.11) dan (3.12) maka persamaan dapat

ditulis dalam bentuk:

$$\frac{dy}{dx} = I_0 \frac{1-(y_n/y)^{4/3}}{1-(y_c/y)^3} \quad (3.19)$$

Persamaan (3.13) menggambarkan perubahan kedalaman pada arah aliran. Profil muka air akan berubah yang tergantung pada  $I_0$  dan apakah  $y_n/y$  dan  $y_c/y$  lebih besar atau lebih kecil dari satu. Kemiringan dasar saluran dapat negatif, nol atau positif. Kemiringan negatif disebut kemiringan balik, yang diberi simbol A (*adverse slope*), apabila elevasi dasar saluran bertambah dalam arah aliran. Kemiringan positif dapat dibedakan menjadi landai (*mild*), kritis (*critical*) dan curam (*steep*) yang diberi simbol M, C, dan S. Aliran disebut mengalir apabila  $y_n > y_c$ , kritis jika  $y_n = y_c$  Dan curam apabila  $y_n < y_c$ . Berbagai bentuk profil muka air berdasarkan posisi muka air terhadap kedalaman kritis dan normal. Setiap gambar terbagi dalam tiga daerah yang dibatasi oleh garis dasar saluran, garis kedalaman kritis dan normal. Setiap daerah mempunyai bentuk kurva tertentu yang hanya berlaku di dalam batas-batas daerah tersebut. Apabila kurva berada di atas garis dasar kedalaman kritis dan normal maka simbol kurva tersebut diberi indeks 1 (misalnya  $M_1$ ,  $S_1$ ,  $C_1$ ), indeks 3 jika kurva berada diantara garis dasar saluran dan garis kedalaman kritis dan normal, dan indeks 2 bila kurva diantara garis kedalaman kritis dan normal, semua kurva berindeks 1 mempunyai kemiringan permukaan positif dan disebut dengan garis pembendungan (*backwater*), sedang yang berindeks 2 mempunyai kemiringan negatif dan disebut garis terjunan (*drawdown*).

Berikut ini penjelasan dari berbagai tipe profil muka air

#### 1. Kurva M (*Mild*)

Kurva M terjadi apabila  $I_0 < I_c$  dan  $y_n > y_c$ . Ada tiga tipe kurva M seperti berikut ini. Profil muka air adalah  $M_1$  apabila  $y > y_n > y_c$ . Suatu bangunan air seperti bendung, atau penyempitan dan belokan sungai dapat menyebabkan terjadinya pembendungan di daerah sebelah hulunya. Pengaruh pembendungan ini bisa mencapai jauh di sebelah hulu dan asimtot dengan garis horizontal di sebelah hilir.

Profil  $M_2$  terjadi apabila  $y_n > y > y_c$  yang merupakan garis terjunan. Tipe ini terjadi pada saluran landai dengan ujung hilirnya adalah saluran curam, pelebaran saluran atau terjunan. Kedalaman air pada arah aliran berkurang.

Profil muka air adalah  $M_3$  apabila  $y_n > y_c > y$  profil ini terjadi apabila air mengalir dari saluran curam menuju saluran landai, yaitu bagian hulu dari loncat air. Profil  $M_2$  dan  $M_3$  adalah sangat pendek dibandingkan dengan  $M_1$

## 2. Kurva S (*steep*)

Kurva S terjadi apabila  $I_0 > I_c$  dan  $y_n < y_c$ . Ada tiga tipe kurva S seperti berikut ini. Profil muka air adalah  $S_1$  apabila  $y > y_n > y_c$ . Profil ini terjadi disebelah hulu bangunan (bendung) yang berada di saluran curam, di mana di sebelah hulunya terdapat loncat air.

Profil  $S_2$  terjadi apabila  $y_c > y > y_n$  biasanya terdapat pada perubahan aliran dari saluran landai masuk ke saluran curam, atau pada pemasukkan ke saluran curam. Profil  $S_2$  ini sangat pendek

Profil  $S_3$  terjadi apabila  $y_c > y_n > y$  dan terdapat di sebelah hilir dari pintu air yang berada di saluran curam atau di sebelah hilir dari perubahan saluran curam ke saluran kurang curam. Profil ini merupakan transisi antara profil  $M$  dan  $S$ .

## 3. Profil C (*critical*)

Profil ini terjadi apabila  $I_0 = I_c$  dan  $y_n = y_c$ . Mengingat garis kedalaman normal dan kritik berimpit maka hanya ada dua profil. Profil  $C_1$  dan  $C_3$  mempunyai asimtot terhadap garis horizontal disebelah hilir.

## 4. Profil H (*Horizontal*)

Profil H terjadi apabila  $I_0 = 0$  dan  $y_n = \infty$  sehingga hanya ada dua profil yaitu  $H_2$  dan  $H_3$ . Profil ini serupa dengan profil  $M$  tetapi untuk dasar saluran horizontal. Profil  $H_2$  dan  $H_3$  sama dengan profil  $M_2$  dan  $M_3$

## 5. Profil A (*Adverse*)

Profil A terjadi apabila  $I_0 < 0$ . karena nilai  $y_n$  tidak riil, maka hanya ada dua profil yaitu  $A_2$  dan  $A_3$ . Profil  $A_2$  dan  $A_3$  serupa dengan profil  $H_2$  dan  $H_3$ .

### 3.7. Metode Integrasi Numerik

Hitungan profil muka air biasanya dilakukan secara bertahap dari satu



tampang ke tampang berikutnya yang berjarak cukup kecil sehingga permukaan air di antara kedua tampang dapat didekati dengan garis lurus. Apabila aliran adalah subkritis hitungan dimulai dari titik paling hilir dan maju ke arah hulu, sedang jika aliran adalah superkritis hitungan dilakukan dari hulu ke hilir.

Dengan menggunakan rumus manning untuk kecepatan rerata

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (3.20)$$

Debit aliran:

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (3.21)$$

Atau

$$If = \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}} \quad (3.22)$$

dengan  $If$  adalah kemiringan garis energi. Untuk aliran seragam  $I_0 = I_f$ , dengan  $I_0$  adalah kemiringan dasar saluran. Kombinasi di atas pada gambar maka akan menghasilkan:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{I_0 - \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}}}{1 - \frac{Q^2 T}{g A^3}} \quad (3.23)$$

Persamaan tersebut merupakan persamaan diferensial tidak linier, mengingat ruas kanan dari persamaan adalah fungsi tidak linier terhadap  $y$ . penyelesaian secara numerik dilakukan dengan menggunakan persamaan deret Taylor (Bambang Triatmodjo, 1992)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (3.24)$$

$$y_{i+1} = y_i + \frac{dy}{dx} (x_{i+1} - x_i) \quad (3.25)$$

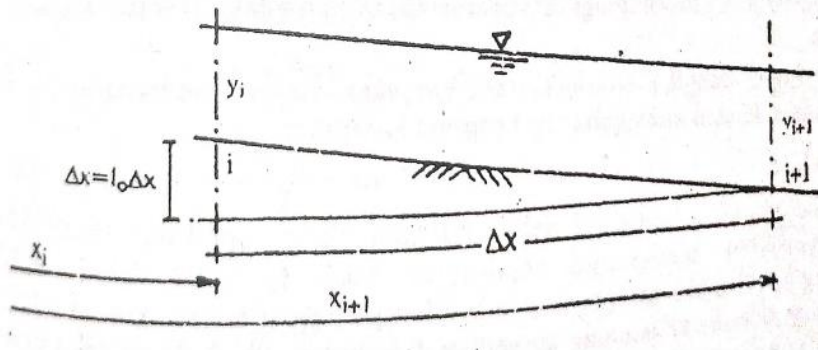
$$y_{i+1} = y_i + \frac{dy}{dx} \Delta x_i \quad (3.26)$$

Dengan  $\Delta x_i = x_{i+1} - x_i$

Indeks  $i$  menunjukkan nilai fungsi ( $y_i, A, R, T$ ) di sepanjang saluran. Apabila  $\Delta x_i$  kecil maka dapat dianggap bahwa nilai  $dy/dx$  berubah secara linier di sepanjang pias  $\Delta x_i$  sehingga:

$$y_{i+1} = y_i + \frac{\left(\frac{dy}{dx}\right) + \left(\frac{dy}{dx}\right)_{i+1}}{2} \Delta x_i \quad (3.27)$$





**Gambar 3. 6 Metoda Integrasi Numerik**

(Sumber : Triatmodjo, 2012)

Atau

$$y_{i+1} = y_i + \frac{f_i + f_{i+1}}{2} \Delta x_i \quad (3.28)$$

Dengan

$$f = \frac{dy}{dx}$$

Kombinasi bentuk di atas dengan persamaan (3.28) berarti:

$$f = \frac{I_0 - \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{4/3}}}{1 - \frac{Q^2 T}{g A^3}} \quad (3.29)$$

## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang akan digunakan pada penelitian Studi Perbandingan Profil Muka Air Di Hulu Dan Hilir Bendung Dengan Eksperimen Dan Analisis Numerik adalah penelitian eksperimental (Experimental Research). Penelitian jenis ini bertujuan untuk mendapatkan data-data atau informasi melalui sebuah eksperimen sebenarnya.

#### **4.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat dan bahan yang akan digunakan untuk mendukung pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut ini.

##### *1 Hydraulic Flume*

*Hydraulic Flume*, satu set permodelan sederhana dari saluran terbuka yang berbentuk persegi dengan dinding tembus pandang yang diletakkan pada struktur rangka kaku dengan dimensi ukuran yaitu lebar 0,10 m tinggi 0,33 m dan panjang 5 m. Dalam satu set *Hydraulic Flume* di Laboratorium Hidrolika Universitas Islam Indonesia, dilengkapi dengan pompa air sebagai sumber tenaga pengaliran air, bak penampung yang berfungsi untuk menampung air, dan parameter pembacaan ketinggian muka air di bak penampung yang digunakan untuk mengukur debit aliran.



**Gambar 4. 1 Set Hydraulic Flume**

2 Model bendung

Penelitian akan dilakukan menggunakan 4 model mercu bendung ogee yang dibuat menggunakan bahan akrilik dengan dimensi lebar dan tinggi yang sama, lebar mercu bendung 9,6 cm dan tinggi mercu bendung 10 cm meter. Yang membedakan antara sesama mercu bendung yaitu jari-jari mercu bendung dan panjang mercu bendung. Untuk perhitungan jari-jari, panjang mercu dan gambar permodelan ada pada sub bab 4.4. Pembuatan Model Pengujian Eksperimental.

3 Penggaris atau Mistar

Penggaris atau mistar dalam penelitian ini berfungsi untuk mengukur ketinggian air.



**Gambar 4. 2 Penggaris atau Mistar**

#### 4 Stopwatch

Stopwatch digunakan sebagai alat untuk menghitung waktu pengamatan percobaan, menghitung waktu pengaliran, dan menghitung waktu penampungan aliran.

#### 5. Kamera

Kamera digunakan sebagai alat untuk mendokumentasi kegiatan selama penelitian, kamera yang akan digunakan adalah kamera handphone.

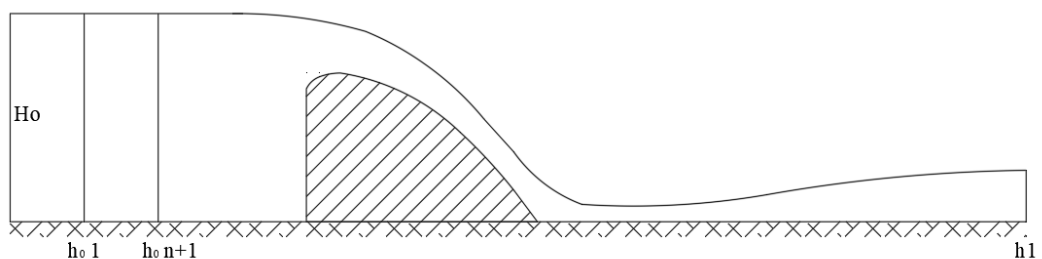
#### 6. Alat Tulis

Alat tulis berfungsi untuk mencatat data data ketika melakukan percobaan.

### 4.3. Data Penelitian

Dalam melakukan penelitian dengan permodelan membutuhkan data yang menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan. Data yang benar akan membuat hasil penelitian menjadi sesuai dengan kondisi aslinya. Untuk menjamin permodelan dapat dibuat mirip dengan kondisi aslinya dibutuhkan tidak hanya satu data melainkan beberapa data yang saling berhubungan untuk membangun permodelan. Pada penelitian ini, digunakan data primer untuk mendukung penelitian. Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut ini.

1. Dimensi *flume* dan dimensi bendung yang akan digunakan.
2. Ketinggian air di hulu bendung ( $H_0$ ).



**Gambar 4. 3 Ketinggian Air di Hulu Bendung**

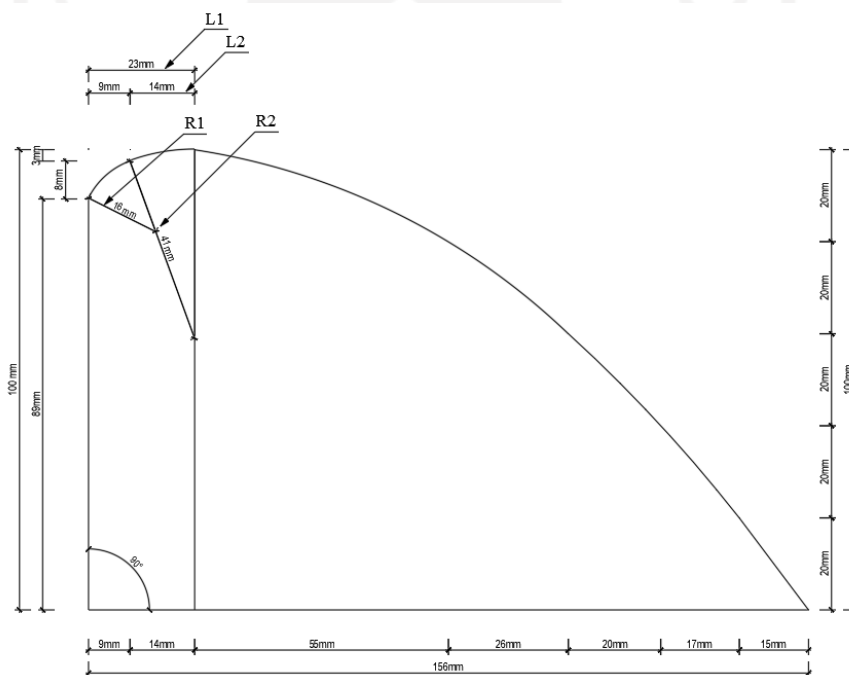
3. Kecepatan aliran ( $v$ )
4. Tinggi muka air hulu ( $H_0=m$ ), dan hilir( $h_1=m$ )
5. Bilangan Froude ( $Fr$ )

#### 4.4. Pembuatan Model Pengujian Eksperimental

Penelitian ini bersifat eksperimen, sehingga dalam pelaksanaannya memerlukan model guna mempermudah percobaan. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

##### 1. Mercu Ogee Tipe 1

Pembuatan model benda uji ini yang berupa mercu bendung dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran *Hydraulic Flume* yang akan digunakan. Model mercu bendung yang akan dibuat menggunakan mercu bendung dengan tipe ogee tipe satu. Model bendung yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



**Gambar 4. 4 Rencana model mercu bendung ogee tipe 1**

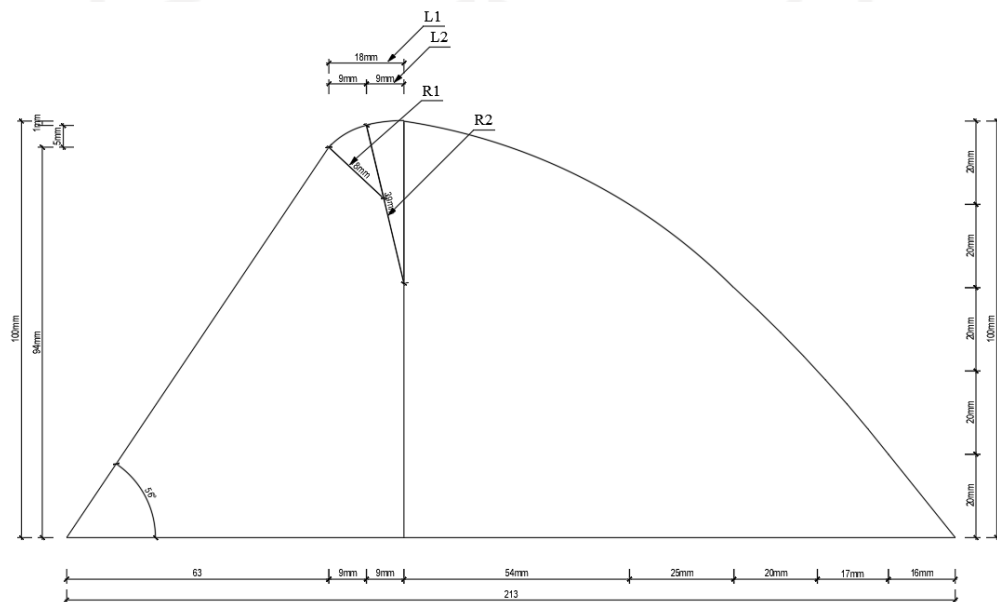
Detail rencana ukuran bendung

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| a. Tinggi bendung (h)           | = 0,10 m                   |
| b. Bentang bersih bendung (Bef) | = 0,10 m                   |
| c. Debit rencana (Qr)           | = 0,004 m <sup>3</sup> /s  |
| d. Debit persatuan lebar (q)    | = 0,04 m <sup>3</sup> /s/m |
| e. Tinggi kritis (hc)           | = 0,055                    |

- f. Tinggi air rencana ( $H_d$ ) = 0,08 m
- g. Jari jari mercu Satu ( $R1$ ) = 0,016 m
- h. Jari jari mercu dua ( $R2$ ) = 0,041 m

## 2. Mercu Ogee Tipe 2

Pembuatan model benda uji ini yang berupa mercu bendung dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran *Hydraulic Flume* yang akan digunakan. Model mercu bendung yang akan dibuat menggunakan mercu bendung dengan tipe ogee tipe dua. Model bendung yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



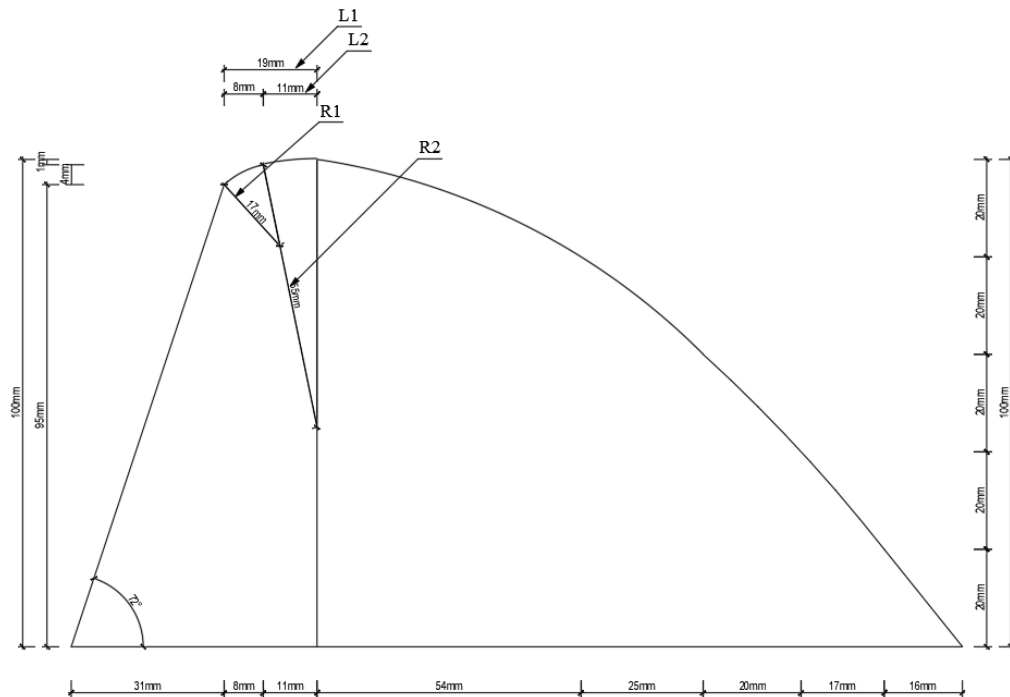
**Gambar 4. 5 Rencana model mercu bendung ogee tipe 2**

Detail rencana ukuran bendung

- a. Tinggi bendung ( $h$ ) = 0,10 m
- b. Bentang bersih bendung ( $B_{ef}$ ) = 0,10 m
- c. Debit rencana ( $Q_r$ ) = 0,004 m<sup>3</sup>/s
- d. Debit persatuan lebar ( $q$ ) = 0,04 m<sup>3</sup>/s/m
- e. Tinggi kritis ( $h_c$ ) = 0,055
- f. Tinggi air rencana ( $H_d$ ) = 0,08 m
- g. Jari jari mercu Satu ( $R1$ ) = 0,018 m
- h. Jari jari mercu dua ( $R2$ ) = 0,039 m

## 3. Mercu Ogee Tipe 3

Pembuatan model benda uji ini yang berupa mercu bendung dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran *Hydraulic Flume* yang akan digunakan. Model mercu bendung yang akan dibuat menggunakan mercu bendung dengan tipe ogee tipe tiga. Model bendung yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



**Gambar 4. 6 Rencana model mercu bendung ogee tipe 3**

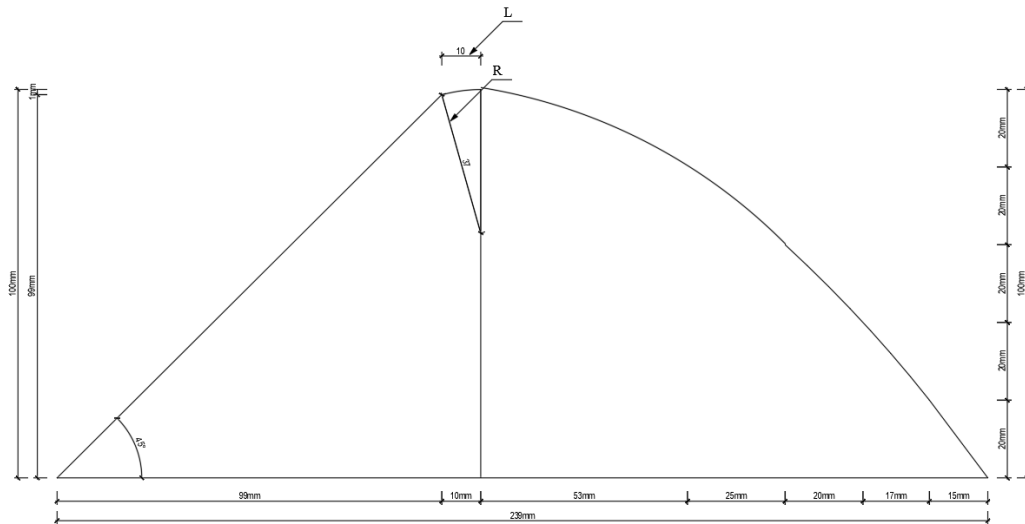
Detail rencana ukuran bendung

- a. Tinggi bendung (h) = 0,10 m
- b. Bentang bersih bendung (Bef) = 0,10 m
- c. Debit rencana (Qr) = 0,004 m<sup>3</sup>/s
- d. Debit persatuan lebar (q) = 0,04 m<sup>3</sup>/s/m
- e. Tinggi kritis (hc) = 0,055
- f. Tinggi air rencana (H<sub>d</sub>) = 0,08 m
- g. Jari jari mercu Satu (R1) = 0,017 m
- h. Jari jari mercu dua (R2) = 0,056 m

#### 4. Mercu Ogee Tipe 4

Pembuatan model benda uji ini yang berupa mercu bendung dengan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran *Hydraulic Flume* yang akan digunakan. Model

mercu bendung yang akan dibuat menggunakan mercu bendung dengan tipe ogee tipe empat. Model bendung yang direncanakan dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



**Gambar 4. 7 Rencana model mercu bendung ogee tipe 4**

Detail rencana ukuran bendung

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| a. Tinggi bendung (h)           | = 0,10 m                   |
| b. Bentang bersih bendung (Bef) | = 0,10 m                   |
| c. Debit rencana ( $Q_r$ )      | = 0,004 m <sup>3</sup> /s  |
| d. Debit persatuan lebar (q)    | = 0,04 m <sup>3</sup> /s/m |
| e. Tinggi kritis ( $h_c$ )      | = 0,055                    |
| f. Tinggi air rencana ( $H_d$ ) | = 0,08 m                   |
| g. Jari jari mercu (R)          | = 0,037 m                  |

#### 4.5. Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Data yang telah didapat dari percobaan di Laboratorium kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristik aliran pada tiap mercu bendung yang diamati. Analisis yang dilakukan menggunakan perhitungan numerik. Adapun langkah-langkah analisis data pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menghitung debit aliran dengan menggunakan mercu bendung ogee dengan parameter volume (V) dan waktu penampungan (t).



2. Menghitung rata-rata kecepatan aliran tiap mercu bendung
3. Menentukan karakteristik jenis aliran dengan menghitung angka Froude.
4. Menghitung profil muka air secara numerik

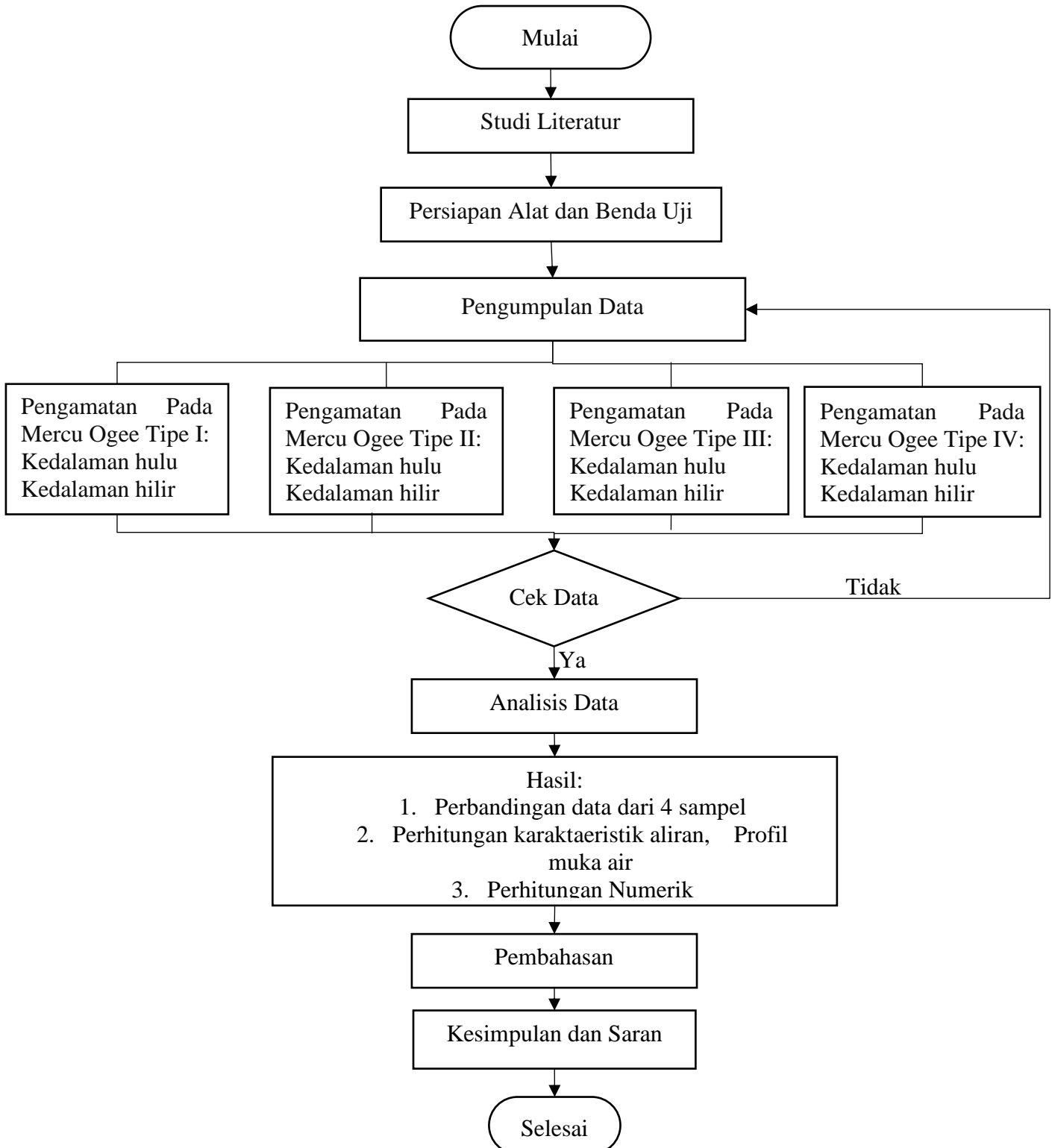
#### **4.6. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian merupakan langkah-langkah kegiatan mengenai aktivitas proses penelitian yang dilakukan.

1. Studi literatur yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka serta mengelolah bahan penelitian.
2. Persiapan alat dan benda uji. Sebelum melakukan proses pengujian di Laboratorium, dipersiapkan terlebih dahulu alat yang akan digunakan saat pengujian dan menyiapkan model benda uji yang berupa Mercu Ogee.
3. Proses pengumpulan data berupa kedalaman hulu dan hilir di setiap pias yang sudah ditentukan dengan menggunakan 4 model Mercu Ogee yang dilakukan saat pengujian di Laboratorium.
4. Proses pengecekan data apakah sudah sesuai atau tidak. Jika sudah sesuai maka dilanjutkan dengan analisis data dan jika belum maka akan kembali ke proses pengumpulan data.
5. Analisis data, data yang sudah didapatkan saat pengujian di Laboratorium kemudian dilakukan olah data sesuai dengan rumusan masalah yang dibuat.
6. Setelah melakukan analisis didapatkan hasil yang berupa perhitungan karakteristik aliran, perhitungan numerik profil muka air
7. Pembahasan, setelah didapatkan hasil maka dilakukan pembahasan yang membahas jawaban pertanyaan penelitian pada rumusan masalah.
8. Kesimpulan dan saran, Kesimpulan penelitian adalah pernyataan singkat tentang hasil analisis deskripsi dan pembahasan tentang hasil pengetesan hipotesis yang telah dilakukan di bab sebelumnya. Saran adalah suatu yang diberikan kepada pembaca yang didasarkan atas hasil temuan dalam penelitian yang telah dilakukan.

#### 4.7. Bagan Alir Penelitian

Berikut bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. dibawah ini.



**Gambar 4. 8 Bagan Alir Penelitian**

## BAB V

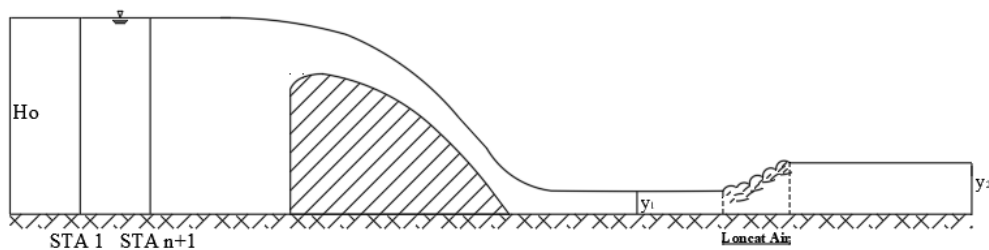
### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1. Analisis Data Eksperimen di Laboratorium

Pengambilan data penelitian dilakukan secara langsung di Laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Pengambilan data dilakukan dengan membuat simulasi mercu bendung yang di letakkan pada alat *Hydraulic Flume* di Laboratorium dan kemudian akan dialiri air. Beberapa data yang diambil adalah sebagai berikut ini:

1. Data karakteristik aliran
  - a. Tinggi variasi air di hulu ( $H_0$ )
  - b. Tinggi air setiap stasiun ( $h_i$ )
  - c. Jarak stasiun ( $x$ )
  - d. Tinggi air hilir sebelum loncat air ( $y_1$ )
  - e. Tinggi air hilir setelah loncat air ( $y_2$ )
  - f. Panjang loncat air ( $L_j$ )
  - g. Volume ( $V$ )
  - h. Waktu yang diperlukan untuk menampung air ( $t$ )

Adapun letak parameter data yang diamati dapat dilihat pada Gambar 5.1



**Gambar 5. 1 Sket Pengambilan Data di Laboratorium**

Terdapat parameter yang akan divariasikan dari penelitian ini, yaitu variasi  $H_0$  (0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m, 0,15 m) dan mercu Ogee (tipe 1, 2, 3 dan 4). Pada percobaan pengambilan data di Laboratorium di dapatkan beberapa data pengukuran yang nantinya akan digunakan sebagai perhitungan debit aliran, kecepatan aliran, dan angka Froude. Berikut data hasil percobaan yang dilakukan di Laboratorium dapat dilihat pada Table 5.1

**Table 5. 1 Rekapitulasi Data Waktu dan Volume Air Tertampung**

Tipe Ambang	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Volume air terapung (V) ( $m^3$ )	Waktu penampungan (T) (detik)		
			1	2	3
Mercu Ogee 1	0,11	0,01	53,36	53,56	53,4
	0,12		21,08	21,04	21,28
	0,13		10,28	10,34	10,5
	0,14		6,89	6,72	6,86
	0,15		4,51	4,55	4,49
Mercu Ogee 2	0,11	0,01	53,36	53,56	53,40
	0,12		21,08	21,04	21,28
	0,13		10,28	10,34	10,50
	0,14		6,89	6,72	6,86
	0,15		4,51	4,55	4,49
Mercu Ogee 3	0,11	0,01	51,96	51,87	52,12
	0,12		20,53	20,44	20,57
	0,13		10,02	9,88	9,94
	0,14		6,54	6,30	6,50
	0,15		4,36	4,33	4,37
Mercu Ogee 4	0,11	0,01	52,34	52,65	52,57
	0,12		20,89	20,92	20,81
	0,13		10,13	9,97	10,07
	0,14		6,67	6,60	6,75
	0,15		4,41	4,43	4,45

#### 5.1.1. Debit Aliran

Perhitungan debit aliran dilakukan dengan variasi kedalaman ( $H_0$ ) sesuai dengan hasil percobaan, debit aliran dihitung menggunakan fungsi volume aliran (V) dan waktu aliran (t). Pengambilan data waktu aliran dilakukan sebanyak tiga kali tiap satu mercu bendung, sehingga perhitungan nilai debit akan di rata-rata dari ketiga waktu tersebut:

### 1 Debit Aliran Mercu Ogee Tipe 1

Perhitungan debit aliran mercu ogee tipe 1 adalah sebagai berikut

a Kedalaman,  $H_0 = 0,11$  m

$$Q = \frac{\frac{V}{t_1} + \frac{V}{t_2} + \frac{V}{t_3}}{n}$$

$$Q = \frac{\frac{0,01}{53,36} + \frac{0,01}{53,56} + \frac{0,01}{53,4}}{3}$$

$$Q = 0,000187 \text{ m}^3/\text{s}$$

b Kedalaman,  $H_0 = 0,12$  m

$$Q = \frac{\frac{V}{t_1} + \frac{V}{t_2} + \frac{V}{t_3}}{n}$$

$$Q = \frac{\frac{0,01}{21,08} + \frac{0,01}{21,04} + \frac{0,01}{21,28}}{3}$$

$$Q = 0,000473 \text{ m}^3/\text{s}$$

Hitungan selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama, adapun data perhitungan dapat dilihat pada Table 5.2

**Table 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran**

Tipe Ambang	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Volume air terapung (V) ( $\text{m}^3$ )	Waktu penampungan (T) (detik)			Debit aliran (Q) ( $\text{m}^3/\text{det}$ )
			1	2	3	
Mercu Ogee 1	0,11	0,01	53,36	53,56	53,40	0,000187
	0,12		21,08	21,04	21,28	0,000473
	0,13		10,28	10,34	10,50	0,000964
	0,14		6,89	6,72	6,86	0,001466
	0,15		4,51	4,55	4,49	0,002214
Mercu Ogee 2	0,11	0,01	51,96	51,87	52,12	0,000192
	0,12		20,53	20,44	20,57	0,000487
	0,13		10,02	9,88	9,94	0,001005
	0,14		6,54	6,30	6,50	0,001552
	0,15		4,36	4,33	4,37	0,002297
Mercu Ogee 3	0,11	0,01	52,34	52,65	52,57	0,000190
	0,12		20,89	20,92	20,81	0,000479
	0,13		10,13	9,97	10,07	0,000994
	0,14		6,67	6,60	6,75	0,001499
	0,15		4,41	4,43	4,45	0,002257

**Lanjutan Table 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan Debit Aliran**

Tipe Ambang	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Volume air terapung (V) ( $m^3$ )	Waktu penampungan (T) (detik)			Debit aliran (Q) ( $m^3/det$ )
			1	2	3	
Mercu Ogee 4	0,11	0,01	51,39	51,89	51,67	0,000194
	0,12		20,50	20,21	20,39	0,000491
	0,13		9,86	9,89	9,95	0,001010
	0,14		6,30	6,38	6,35	0,001577
	0,15		4,28	4,30	4,33	0,002324

### 5.1.2. Kecepatan aliran

Perhitungan kecepatan aliran dihitung berdasarkan data debit yang sudah didapatkan dari perhitungan sebelumnya, suatu saluran memiliki fungsi dari debit (Q), luas penampang basah (A) dan kecepatan (v), persamaan tersebut dapat dilihat dalam pembahasan bab sebelumnya.

#### 1 Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 1

Perhitungan kecepatan aliran mercu ogee tipe 1 dengan kedalaman hulu 0,11 m dan hilir 0,011 m adalah sebagai berikut

##### a. Kecepatan di hulu kedalaman, $H_0 = 0,11$ m

$$Q = A_1 \times v_1$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$

$$v_1 = \frac{0,000187}{0,1 \times 0,11}$$

$$v_1 = 0,0170 \text{ m/s}$$

##### b. Kecepatan hilir kedalaman, $H_0 = 0,11$ m

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,000187}{0,1 \times 0,013}$$

$$v_2 = 0,1439 \text{ m/s}$$

##### c. Kecepatan diatas mercu kedalaman $H_0 = 0,11$ m pada STA 11

$$Q = A_3 \times v_3$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3}$$

$$v_3 = \frac{Q}{b \times (y_i - y_m)}$$

$$v_3 = \frac{0,000187}{0,1 \times (0,1065 - 0,100)}$$

$$v_3 = 0,2879 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran pada percobaan mercu Ogee 1 dapat dilihat pada Tabel 5.3

**Table 5.3 Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 1**

No	Lebar (b) (m)	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Kedalaman hilir (h hilir) (m)	Debit (Q)	kecepatan hulu (v hulu) (m/d)	kecepatan hilir (v hilir) (m/d)
1	0,10	0,1100	0,0130	0,000187	0,017011	0,143943
2		0,1200	0,0240	0,000473	0,039433	0,197166
3		0,1300	0,0325	0,000964	0,074161	0,296642
4		0,1400	0,0375	0,001466	0,104695	0,390862
5		0,1500	0,0445	0,002214	0,147606	0,497548

## 2. Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 2

Perhitungan kecepatan aliran mercu ogee tipe 2 adalah sebagai berikut

a Kecepatan hulu kedalaman,  $H_0 = 0,11 \text{ m}$

$$Q = A_1 \times v_1$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$

$$v_1 = \frac{0,000192}{0,1 \times 0,11}$$

$$v_1 = 0,0175 \text{ m/s}$$

b Kecepatan hilir kedalaman,  $H_0 = 0,11 \text{ m}$

$$v_2 = \text{ m/s}$$

$$Q = A_2 \times v_2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,000192}{0,1 \times 0,0135}$$

$$v_2 = 0,1425 \text{ m/s}$$

c Kecepatan diatas mercu kedalaman  $H_0 = 0,11 \text{ m}$  pada STA 11

$$Q = A_3 \times v_3$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3}$$

$$v_3 = \frac{Q}{b \times (y_i - y_m)}$$

$$v_2 = \frac{0,000187}{0,1 \times (0,1045 - 0,100)}$$

$$v_3 = 0,4275 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran pada percobaan mercu Ogee 2 dapat dilihat pada Tabel 5.4

**Table 5. 4 Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 2**

No	Lebar (b)	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Kedalaman hilir (h hilir) (m)	Debit (Q)	kecepatan hulu (v hulu) (m/d)	kecepatan hilir (v hilir) (m/d)
1	0,10	0,1100	0,0135	0,000192	0,017488	0,142496
2		0,1200	0,0235	0,000487	0,040624	0,207443
3		0,1300	0,0315	0,001005	0,077338	0,319173
4		0,1400	0,0370	0,001552	0,110829	0,419353
5		0,1500	0,0435	0,002297	0,153142	0,528075

### 3. Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 3

Perhitungan kecepatan aliran mercu ogee tipe 3 adalah sebagai berikut

a Kecepatan hulu edalaman,  $H_0 = 0,11 \text{ m}$

$$Q = A_1 \times v_1$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$

$$v_1 = \frac{0,000190}{0,1 \times 0,11}$$

$$v_1 = 0,0173 \text{ m/s}$$

b Kecepatan hilir kedalaman,  $H_0 = 0,11 \text{ m}$

$$Q = A_2 \times v_2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,000190}{0,1 \times 0,0135}$$

$$v_2 = 0,1410 \text{ m/s}$$



- c Kecepatan diatas mercu kedalaman  $H_0 = 0,11$  m pada STA 11

$$Q = A_3 \times v_3$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3}$$

$$v_3 = \frac{Q}{b \times (y_i - y_m)}$$

$$v_2 = \frac{0,000187}{0,1 \times (0,1060 - 0,100)}$$

$$v_3 = 0,3173 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran pada percobaan mercu Ogee 3 dapat dilihat pada Tabel 5.5

**Table 5. 5 Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 3**

No	Lebar (b)	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Kedalaman hilir (h hilir) (m)	Debit (Q)	kecepatan hulu (v hulu) (m/d)	kecepatan hilir (v hilir) (m/d)
1	0,10	0,1100	0,0135	0,000190	0,017310	0,141041
2		0,1200	0,0235	0,000479	0,039924	0,203865
3		0,1300	0,0320	0,000994	0,076493	0,310753
4		0,1400	0,0370	0,001499	0,107045	0,405035
5		0,1500	0,0425	0,002257	0,150491	0,531145

#### 4. Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 4

Perhitungan kecepatan aliran mercu ogee tipe 4 adalah sebagai berikut

- a Kecepatan hulu kedalaman,  $H_0 = 0,11$  m

$$Q = A_1 \times v_1$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_1}$$

$$v_1 = \frac{0,000194}{0,1 \times 0,11}$$

$$v_1 = 0,0176 \text{ m/s}$$

- b Kecepatan hilir kedalaman,  $H_0 = 0,11$  m

$$Q = A_2 \times v_2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2}$$

$$v_2 = \frac{0,000194}{0,1 \times 0,0135}$$

$$v_2 = 0,6454 \text{ m/s}$$

c Kecepatan diatas mercu kedalaman  $H_0 = 0,11 \text{ m}$  pada STA 11

$$Q = A_3 \times v_3$$

$$v_3 = \frac{Q}{A_3}$$

$$v_3 = \frac{Q}{b \times (y_i - y_m)}$$

$$v_3 = \frac{0,000187}{0,1 \times (0,1035 - 0,099)}$$

$$v_3 = 0,4303 \text{ m/s}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran pada percobaan mercu Ogee 4 dapat dilihat pada Tabel 5.6

**Table 5. 6 Kecepatan Aliran di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 4**

No	Lebar (b)	Kedalaman hulu ( $H_0$ ) (m)	Kedalaman hilir (h hilir) (m)	Debit (Q)	kecepatan hulu (v hulu) (m/d)	kecepatan hilir (v hilir) (m/d)
1	0,10	0,1100	0,0135	0,000194	0,017601	0,143418
2		0,1200	0,0230	0,000491	0,040918	0,213485
3		0,1300	0,0315	0,001010	0,077701	0,320672
4		0,1400	0,0365	0,001577	0,112607	0,431918
5		0,1500	0,0425	0,002324	0,154922	0,546784

### 5.1.3. Perhitungan Angka Froude (Fr)

Perhitungan angka Froude ini berguna untuk menentukan jenis aliran apakah aliran subkritis, kritis atau superkritis dengan menggunakan fungsi dari kecepatan aliran (v), gaya gravitasi bumi (g), dan kedalaman (h) persamaan :

#### 1 Mercu Ogee Tipe 1

Perhitungan angka Froude aliran mercu ogee tipe 1 adalah sebagai berikut

a. Angka Froude hulu kedalaman  $H_0 = 0,11 \text{ m}$

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{v_{1 \text{ Hulu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hulu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{0,017011}{\sqrt{9,81 \times 0,11}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hulu}} = 0,0164$$

b. Angka Froude hilir kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{v_{1 \text{ Hilir}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hilir}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{0,1439}{\sqrt{9,81 \times 0,013}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hilir}} = 0,4031$$

c. Angka Froude di atas mercu bendung kedalaman  $H_0 = 0,11$  m pada STA 11

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{v_{1 \text{ mercu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ mercu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{0,2979}{\sqrt{9,81 \times 0,1065}}$$

$$Fr_{1 \text{ mercu}} = 0,2914$$

Hasil perhitungan Angka Froude pada percobaan mercu Ogee 1 dapat dilihat pada Tabel 5.7

**Table 5. 7 Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 1**

No	Kedalaman		Lebar	v hulu	v hilir	Angka Froude	
	H hulu	H hilir				Fr Hulu	Fr Hilir
1	0,1100	0,0130	0,10	0,017011	0,143943	0,016376	0,403074
2	0,1200	0,0240		0,039433	0,197166	0,036344	0,406342
3	0,1300	0,0325		0,074161	0,296642	0,065670	0,525360
4	0,1400	0,0375		0,104695	0,390862	0,089336	0,644427
5	0,1500	0,0445		0,147606	0,497548	0,121681	0,753045

## 2 Mercu Ogee Tipe 2

Perhitungan angka Froude aliran mercu ogee tipe 2 adalah sebagai berikut

a. Angka Froude hulu kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{v_{1 \text{ Hulu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hulu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{0,017488}{\sqrt{9,81 \times 0,11}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hulu}} = 0,016835$$

b. Angka Froude hilir kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{v_{1 \text{ Hilir}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hilir}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{0,1425}{\sqrt{9,81 \times 0,0135}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hilir}} = 0,3914$$

c Angka Froude di atas mercu bendung kedalaman  $H_0 = 0,11$  m pada STA 11

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{v_{1 \text{ mercu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ mercu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{0,4303}{\sqrt{9,81 \times 0,1045}}$$

$$Fr_{1 \text{ mercu}} = 0,4249$$

Hasil perhitungan Angka Froude pada percobaan mercu Ogee 2 dapat dilihat pada Tabel 5.8

**Table 5. 8 Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 2**

No	Kedalaman		Lebar	v hulu	v hilir	Angka Froude	
	H hulu	H hilir				Fr Hulu	Fr Hilir
1	0,1100	0,0135	0,10	0,017488	0,142496	0,016835	0,391564
2	0,1200	0,0235		0,040624	0,207443	0,037442	0,432047
3	0,1300	0,0315		0,077338	0,319173	0,068484	0,574165
4	0,1400	0,0370		0,110829	0,419353	0,094570	0,696056
5	0,1500	0,0435		0,153142	0,528075	0,126245	0,808381

### 3 Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 3

Perhitungan angka Froude aliran mercu ogee tipe 3 adalah sebagai berikut

a Angka Froude hulu kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{v_{1 \text{ Hulu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hulu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{0,017310}{\sqrt{9,81 \times 0,11}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hulu}} = 0,016663$$

b Angka Froude hilir kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{v_{1 \text{ Hilir}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hilir}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{0,1410}{\sqrt{9,81 \times 0,0135}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hilir}} = 0,3876$$

- c Angka Froude di atas mercu bendung kedalaman  $H_0 = 0,11$  m pada STA 11

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{v_{1 \text{ mercu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ mercu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{0,3227}{\sqrt{9,81 \times 0,1060}}$$

$$Fr_{1 \text{ mercu}} = 0,3164$$

Hasil perhitungan Angka Froude pada percobaan mercu Ogee 3 dapat dilihat pada Tabel 5.9

**Table 5. 9 Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 3**

No	Kedalaman		Lebar	v hulu	v hilir	Angka Froude	
	H hulu	H hilir				Fr Hulu	Fr Hilir
1	0,1100	0,0135	0,10	0,017310	0,141041	0,016663	0,387563
2	0,1200	0,0235		0,039924	0,203865	0,036796	0,424594
3	0,1300	0,0320		0,076493	0,310753	0,067735	0,554632
4	0,1400	0,0370		0,107045	0,405035	0,091341	0,672290
5	0,1500	0,0425		0,150491	0,531145	0,124060	0,822592

#### 4 Kecepatan Aliran Mercu Ogee Tipe 4

Perhitungan angka Froude aliran mercu ogee tipe 4 adalah sebagai berikut

- a Angka Froude hulu kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{v_{1 \text{ Hulu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hulu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hulu}} = \frac{0,017601}{\sqrt{9,81 \times 0,11}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hulu}} = 0,016944$$

- b Angka Froude hilir kedalaman  $H_0 = 0,11$  m

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{v_{1 \text{ Hilir}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ Hilir}}}}$$

$$F_{r1 \text{ Hilir}} = \frac{0,1434}{\sqrt{9,81 \times 0,0135}}$$

$$Fr_{1 \text{ Hilir}} = 0,3941$$

- c Angka Froude di atas mercu bendung kedalaman  $H_0 = 0,11$  m pada STA 11

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{v_{1 \text{ mercu}}}{\sqrt{g \times h_{1 \text{ mercu}}}}$$

$$F_{r1 \text{ mercu}} = \frac{0,4303}{\sqrt{9,81 \times 0,1035}}$$

$$Fr_{1 \text{ mercu}} = 0,4270$$

Hasil perhitungan Angka Froude pada percobaan mercu Ogee 4 dapat dilihat pada Tabel 5.10

**Table 5. 10 Angka Froude di Hulu dan Hilir Mercu Ogee Tipe 4**

No	Kedalaman		Lebar	v hulu	v hilir	Angka Froude	
	H hulu	H hilir				Fr Hulu	Fr Hilir
1	0,1100	0,0135	0,10	0,017601	0,143418	0,016944	0,394095
2	0,1200	0,0230		0,040918	0,213485	0,037713	0,449437
3	0,1300	0,0315		0,077701	0,320672	0,068805	0,576860
4	0,1400	0,0365		0,112607	0,431918	0,096088	0,721806
5	0,1500	0,0425		0,154922	0,546784	0,127713	0,846812

#### 5.1.4. Profil Muka Air Eksperimen

Dari hasil percobaan pengambilan data di Laboratorium di dapatkan data pengukuran yang digunakan sebagai Profil muka air eksperimen.

##### 1. Loncat air eksperimen

Data loncat air eksperimen dapat dilihat pada table 5.11

**Table 5. 11 Panjang Loncat Air Eksperimen**

Ho (m)	Mercu Ogee 1			Mercu Ogee 2			Mercu Ogee 3			Mercu Ogee 4		
	STA y1	STA y2	Lj (m)	STA y1	STA y2	Lj (m)	STA y1	STA y2	Lj (m)	STA y1	STA y2	Lj (m)
0,11	20	25	0,50	20	25	0,50	20	26	0,60	20	26	0,60
0,12	28	36	0,80	27	35	0,80	27	35	0,80	27	35	0,80
0,13	33	43	1,00	32	42	1,00	32	42	1,00	32	42	1,00
0,14	43	53	1,00	41	52	1,10	41	52	1,10	40	51	1,10
0,15	55	58	0,30	54	57	0,30	54	57	0,30	52	55	0,30

##### 2. Profil muka air hulu

Adapun data tinggi profil muka air di hulu terukur dapat dilihat pada table 5.12

**Table 5. 12 Data Profil Muka Air Hulu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,11	1	0,05	0,1100	0,11	1	0,05	0,1100	0,11	1	0,05	0,1100	0,11	1	0,05	0,1100
	2	0,10	0,1100		2	0,10	0,1100		2	0,10	0,1100		2	0,10	0,1100
	3	0,15	0,1100		3	0,15	0,1100		3	0,15	0,1100		3	0,15	0,1100
	4	0,20	0,1100		4	0,20	0,1100		4	0,20	0,1100		4	0,20	0,1100
	5	0,25	0,1100		5	0,25	0,1100		5	0,25	0,1100		5	0,25	0,1100
	6	0,30	0,1100		6	0,30	0,1100		6	0,30	0,1100		6	0,30	0,1100
	7	0,35	0,1100		7	0,35	0,1100		7	0,35	0,1100		7	0,35	0,1100
	8	0,40	0,1100		8	0,40	0,1100		8	0,40	0,1100		8	0,40	0,1100
	9	0,45	0,1100		9	0,45	0,1100		9	0,45	0,1100		9	0,45	0,1100
	10	0,50	0,1100		10	0,50	0,1100		10	0,50	0,1100		10	0,50	0,1100
0,12	1	0,05	0,1200	0,12	1	0,05	0,1200	0,12	1	0,05	0,1200	0,12	1	0,05	0,1200
	2	0,10	0,1200		2	0,10	0,1200		2	0,10	0,1200		2	0,10	0,1200
	3	0,15	0,1200		3	0,15	0,1200		3	0,15	0,1200		3	0,15	0,1200
	4	0,20	0,1200		4	0,20	0,1200		4	0,20	0,1200		4	0,20	0,1200
	5	0,25	0,1200		5	0,25	0,1200		5	0,25	0,1200		5	0,25	0,1200
	6	0,30	0,1200		6	0,30	0,1200		6	0,30	0,1200		6	0,30	0,1200
	7	0,35	0,1200		7	0,35	0,1200		7	0,35	0,1200		7	0,35	0,1200
	8	0,40	0,1200		8	0,40	0,1200		8	0,40	0,1200		8	0,40	0,1200
	9	0,45	0,1200		9	0,45	0,1200		9	0,45	0,1200		9	0,45	0,1200
	10	0,50	0,1180		10	0,50	0,1180		10	0,50	0,1178		10	0,50	0,1170

**Lanjutan Table 5. 12 Data Profil Muka Air Hulu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,13	1	0,05	0,1300	0,13	1	0,05	0,1300	0,13	1	0,05	0,1300	0,13	1	0,05	0,1300
	2	0,10	0,1300		2	0,10	0,1300		2	0,10	0,1300		2	0,10	0,1300
	3	0,15	0,1300		3	0,15	0,1300		3	0,15	0,1300		3	0,15	0,1300
	4	0,20	0,1300		4	0,20	0,1300		4	0,20	0,1300		4	0,20	0,1300
	5	0,25	0,1300		5	0,25	0,1300		5	0,25	0,1300		5	0,25	0,1300
	6	0,30	0,1300		6	0,30	0,1300		6	0,30	0,1300		6	0,30	0,1300
	7	0,35	0,1300		7	0,35	0,1300		7	0,35	0,1300		7	0,35	0,1300
	8	0,40	0,1300		8	0,40	0,1300		8	0,40	0,1300		8	0,40	0,1300
	9	0,45	0,1300		9	0,45	0,1300		9	0,45	0,1300		9	0,45	0,1300
	10	0,50	0,1265		10	0,50	0,1260		10	0,50	0,1255		10	0,50	0,1240
0,14	1	0,05	0,1400	0,14	1	0,05	0,1400	0,14	1	0,05	0,1400	0,14	1	0,05	0,1400
	2	0,10	0,1400		2	0,10	0,1400		2	0,10	0,1400		2	0,10	0,1400
	3	0,15	0,1400		3	0,15	0,1400		3	0,15	0,1400		3	0,15	0,1400
	4	0,20	0,1400		4	0,20	0,1400		4	0,20	0,1400		4	0,20	0,1400
	5	0,25	0,1400		5	0,25	0,1400		5	0,25	0,1400		5	0,25	0,1400
	6	0,30	0,1400		6	0,30	0,1400		6	0,30	0,1400		6	0,30	0,1400
	7	0,35	0,1400		7	0,35	0,1400		7	0,35	0,1400		7	0,35	0,1400
	8	0,40	0,1400		8	0,40	0,1400		8	0,40	0,1400		8	0,40	0,1400
	9	0,45	0,1400		9	0,45	0,1390		9	0,45	0,1390		9	0,45	0,1380
	10	0,50	0,1345		10	0,50	0,1330		10	0,50	0,1340		10	0,50	0,1315



**Lanjutan Table 5. 12 Data Profil Muka Air Hulu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,15	1	0,05	0,1500	0,15	1	0,05	0,1500	0,15	1	0,05	0,1500	0,15	1	0,05	0,1500
	2	0,10	0,1500		2	0,10	0,1500		2	0,10	0,1500		2	0,10	0,1500
	3	0,15	0,1500		3	0,15	0,1500		3	0,15	0,1500		3	0,15	0,1500
	4	0,20	0,1500		4	0,20	0,1500		4	0,20	0,1500		4	0,20	0,1500
	5	0,25	0,1500		5	0,25	0,1500		5	0,25	0,1500		5	0,25	0,1500
	6	0,30	0,1500		6	0,30	0,1500		6	0,30	0,1500		6	0,30	0,1500
	7	0,35	0,1500		7	0,35	0,1500		7	0,35	0,1500		7	0,35	0,1500
	8	0,40	0,1500		8	0,40	0,1485		8	0,40	0,1500		8	0,40	0,1485
	9	0,45	0,1480		9	0,45	0,1465		9	0,45	0,1475		9	0,45	0,1470
	10	0,50	0,1430		10	0,50	0,1410		10	0,50	0,1420		10	0,50	0,1405

### 3. Profil Muka Air di Atas Mercu Bendung

Adapun rekapitulasi tinggi profil muka air di atas mercu bendung terukur dapat dilihat pada table 5.13

**Table 5. 13 Data Profil Muka Air di Atas Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,11	1	0,02	0,1065	0,11	1	0,02	0,1045	0,11	1	0,02	0,1060	0,11	1	0,02	0,1035
	2	0,04	0,1010		2	0,04	0,0990		2	0,04	0,0995		2	0,04	0,0955
	3	0,06	0,0930		3	0,06	0,0910		3	0,06	0,0910		3	0,06	0,0850
	4	0,08	0,0830		4	0,08	0,0785		4	0,08	0,0780		4	0,08	0,0700
	5	0,10	0,0670		5	0,10	0,0600		5	0,10	0,0610		5	0,10	0,0510
	6	0,12	0,0470		6	0,12	0,0400		6	0,12	0,0410		6	0,12	0,0290
	7	0,14	0,0235		7	0,14	0,0155		7	0,14	0,0170		7	0,14	0,0090
	8	0,16	0,0035		8	0,16	0,0035		8	0,16	0,0035		8	0,16	0,0030
	9	0,17	0,0035		9	0,17	0,0035		9	0,17	0,0035		9	0,17	0,0030
0,12	1	0,02	0,1140	0,12	1	0,02	0,1125	0,12	1	0,02	0,1140	0,12	1	0,02	0,1110
	2	0,04	0,1080		2	0,04	0,1045		2	0,04	0,1060		2	0,04	0,1020
	3	0,06	0,0985		3	0,06	0,0950		3	0,06	0,0955		3	0,06	0,0920
	4	0,08	0,0860		4	0,08	0,0820		4	0,08	0,0830		4	0,08	0,0755
	5	0,10	0,0700		5	0,10	0,0625		5	0,10	0,0660		5	0,10	0,0570
	6	0,12	0,0490		6	0,12	0,0425		6	0,12	0,0460		6	0,12	0,0350
	7	0,14	0,0270		7	0,14	0,0190		7	0,14	0,0200		7	0,14	0,0110
	8	0,16	0,0070		8	0,16	0,0060		8	0,16	0,0060		8	0,16	0,0055
	9	0,17	0,0060		9	0,17	0,0055		9	0,17	0,0055		9	0,17	0,0050
0,13	1	0,02	0,1215	0,13	1	0,02	0,1200	0,13	1	0,02	0,1205	0,13	1	0,02	0,1180
	2	0,04	0,1145		2	0,04	0,1120		2	0,04	0,1115		2	0,04	0,1070
	3	0,06	0,1040		3	0,06	0,1020		3	0,06	0,1005		3	0,06	0,0950
	4	0,08	0,0945		4	0,08	0,0875		4	0,08	0,0865		4	0,08	0,0825
	5	0,10	0,0775		5	0,10	0,0695		5	0,10	0,0670		5	0,10	0,0645
	6	0,12	0,0555		6	0,12	0,0485		6	0,12	0,0490		6	0,12	0,0420
	7	0,14	0,0350		7	0,14	0,0245		7	0,14	0,0210		7	0,14	0,0115
	8	0,16	0,0110		8	0,16	0,0090		8	0,16	0,0095		8	0,16	0,0090
	9	0,17	0,0085		9	0,17	0,0080		9	0,17	0,0090		9	0,17	0,0085

**Lanjutan Table 5. 13 Data Profil Muka Air di Atas Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	x (m)	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	x (m)	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	x (m)	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	x (m)	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,14	1	0,02	0,1300	0,14	1	0,02	0,1275	0,14	1	0,02	0,1295	0,14	1	0,02	0,1260
	2	0,04	0,1220		2	0,04	0,1190		2	0,04	0,1200		2	0,04	0,1155
	3	0,06	0,1110		3	0,06	0,1050		3	0,06	0,1090		3	0,06	0,1030
	4	0,08	0,0985		4	0,08	0,0940		4	0,08	0,0945		4	0,08	0,0870
	5	0,10	0,0810		5	0,10	0,0775		5	0,10	0,0760		5	0,10	0,0680
	6	0,12	0,0635		6	0,12	0,0540		6	0,12	0,0570		6	0,12	0,0450
	7	0,14	0,0395		7	0,14	0,0315		7	0,14	0,0350		7	0,14	0,0245
	8	0,16	0,0170		8	0,16	0,0160		8	0,16	0,0160		8	0,16	0,0140
	9	0,17	0,0155		9	0,17	0,0150		9	0,17	0,0150		9	0,17	0,0130
0,15	1	0,02	0,1380	0,15	1	0,02	0,1345	0,15	1	0,02	0,1365	0,15	1	0,02	0,1350
	2	0,04	0,1300		2	0,04	0,1255		2	0,04	0,1275		2	0,04	0,1250
	3	0,06	0,1205		3	0,06	0,1150		3	0,06	0,1160		3	0,06	0,1125
	4	0,08	0,1050		4	0,08	0,1010		4	0,08	0,1020		4	0,08	0,0960
	5	0,10	0,0900		5	0,10	0,0825		5	0,10	0,0840		5	0,10	0,0760
	6	0,12	0,0700		6	0,12	0,0605		6	0,12	0,0640		6	0,12	0,0550
	7	0,14	0,0455		7	0,14	0,0325		7	0,14	0,0385		7	0,14	0,0290
	8	0,16	0,0205		8	0,16	0,0190		8	0,16	0,0190		8	0,16	0,0175
	9	0,17	0,0180		9	0,17	0,0175		9	0,17	0,0175		9	0,17	0,0165

## c. Profil Muka Air Hilir

Adapun rekapitulasi tinggi profil muka air di atas mercu bendung terukur dapat dilihat pada table 5.17-5.20

**Table 5. 14 Data Profil Muka Air di Hilir Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,11	1	0,100	0,0035	0,11	1	0,100	0,0035	0,11	1	0,100	0,0035	0,11	1	0,100	0,0030
	2	0,200	0,0075		2	0,200	0,0070		2	0,200	0,0070		2	0,200	0,0070
	3	0,300	0,0090		3	0,300	0,0080		3	0,300	0,0085		3	0,300	0,0075
	4	0,400	0,0100		4	0,400	0,0100		4	0,400	0,0100		4	0,400	0,0085
	5	0,500	0,0100		5	0,500	0,0110		5	0,500	0,0110		5	0,500	0,0090
	6	0,600	0,0130		6	0,600	0,0135		6	0,600	0,0115		6	0,600	0,0100
	7	0,700	0,0130		7	0,700	0,0135		7	0,700	0,0135		7	0,700	0,0135
	8	0,800	0,0130		8	0,800	0,0135		8	0,800	0,0135		8	0,800	0,0135
0,12	1	0,100	0,0060	0,12	1	0,100	0,0055	0,12	1	0,100	0,0060	0,12	1	0,100	0,0055
	2	0,200	0,0060		2	0,200	0,0055		2	0,200	0,0060		2	0,200	0,0055
	3	0,300	0,0060		3	0,300	0,0055		3	0,300	0,0060		3	0,300	0,0055
	4	0,400	0,0060		4	0,400	0,0060		4	0,400	0,0070		4	0,400	0,0060
	5	0,500	0,0065		5	0,500	0,0070		5	0,500	0,0080		5	0,500	0,0075
	6	0,600	0,0070		6	0,600	0,0090		6	0,600	0,0090		6	0,600	0,0075
	7	0,700	0,0075		7	0,700	0,0090		7	0,700	0,0090		7	0,700	0,0075
	8	0,800	0,0075		8	0,800	0,0090		8	0,800	0,0090		8	0,800	0,0075
	9	0,900	0,0075		9	0,900	0,0175		9	0,900	0,0170		9	0,900	0,0170
	10	1,000	0,0175		10	1,000	0,0180		10	1,000	0,0185		10	1,000	0,0170
	11	1,100	0,0180		11	1,100	0,0190		11	1,100	0,0190		11	1,100	0,0175
	12	1,200	0,0185		12	1,200	0,0195		12	1,200	0,0200		12	1,200	0,0180
13	1,300	0,0195	13	1,300	0,0200	13	1,300	0,0210	13	1,300	0,0190				
14	1,400	0,0200	14	1,400	0,0205	14	1,400	0,0215	14	1,400	0,0205				
15	1,500	0,0210	15	1,500	0,0215	15	1,500	0,0220	15	1,500	0,0220				
16	1,600	0,0220	16	1,600	0,0235	16	1,600	0,0235	16	1,600	0,0230				
17	1,700	0,0240	17	1,700	0,0235	17	1,700	0,0235	17	1,700	0,0230				
18	1,800	0,0240	18	1,800	0,0235	18	1,800	0,0235	18	1,800	0,0230				
19	1,900	0,0240	19	1,900	0,0235	19	1,900	0,0235	19	1,900					
20	2,000	0,0240	20	2,000		20	2,000		20	2,000					

**Lanjutan Table 5. 14 Data Profil Muka Air di Hilir Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(Ho) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	St a	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,13	1	0,100	0,0100	0,13	1	0,100	0,0090	0,13	1	0,100	0,0095	0,13	1	0,100	0,0090
	2	0,200	0,0100		2	0,200	0,0090		2	0,200	0,0095		2	0,200	0,0095
	3	0,300	0,0100		3	0,300	0,0090		3	0,300	0,0095		3	0,300	0,0095
	4	0,400	0,0100		4	0,400	0,0090		4	0,400	0,0095		4	0,400	0,0095
	5	0,500	0,0100		5	0,500	0,0090		5	0,500	0,0095		5	0,500	0,0095
	6	0,600	0,0100		6	0,600	0,0090		6	0,600	0,0095		6	0,600	0,0095
	7	0,700	0,0100		7	0,700	0,0090		7	0,700	0,0095		7	0,700	0,0100
	8	0,800	0,0100		8	0,800	0,0100		8	0,800	0,0095		8	0,800	0,0100
	9	0,900	0,0100		9	0,900	0,0105		9	0,900	0,0100		9	0,900	0,0100
	10	1,000	0,0100		10	1,000	0,0110		10	1,000	0,0105		10	1,000	0,0100
	11	1,100	0,0110		11	1,100	0,0115		11	1,100	0,0110		11	1,100	0,0105
	12	1,200	0,0115		12	1,200	0,0120		12	1,200	0,0115		12	1,200	0,0110
	13	1,300	0,0120		13	1,300	0,0125		13	1,300	0,0120		13	1,300	0,0115
	14	1,400	0,0125		14	1,400	0,0275		14	1,400	0,0270		14	1,400	0,0265
	15	1,500	0,0275		15	1,500	0,0285		15	1,500	0,0270		15	1,500	0,0285
	16	1,600	0,0285		16	1,600	0,0300		16	1,600	0,0300		16	1,600	0,0300
	17	1,700	0,0290		17	1,700	0,0310		17	1,700	0,0315		17	1,700	0,0310
	18	1,800	0,0300		18	1,800	0,0310		18	1,800	0,0315		18	1,800	0,0310
	19	1,900	0,0320		19	1,900	0,0315		19	1,900	0,0320		19	1,900	0,0315
	20	2,000	0,0325		20	2,000	0,0315		20	2,000	0,0320		20	2,000	0,0315
	21	2,100	0,0320		21	2,100	0,0310		21	2,100	0,0315		21	2,100	0,0310
	22	2,200	0,0320		22	2,200	0,0315		22	2,200	0,0320		22	2,200	0,0315
	23	2,300	0,0325		23	2,300	0,0310		23	2,300	0,0315		23	2,300	0,0310
	24	2,400	0,0330		24	2,400	0,0315		24	2,400	0,0320		24	2,400	0,0315
	25	2,500	0,0325		25	2,500	0,0315		25	2,500	0,0320		25	2,500	0,0315
	26	2,600	0,0325		26	2,600			26	2,600			26	2,600	

**Lanjutan Table 5. 14 Data Profil Muka Air di Hilir Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m**

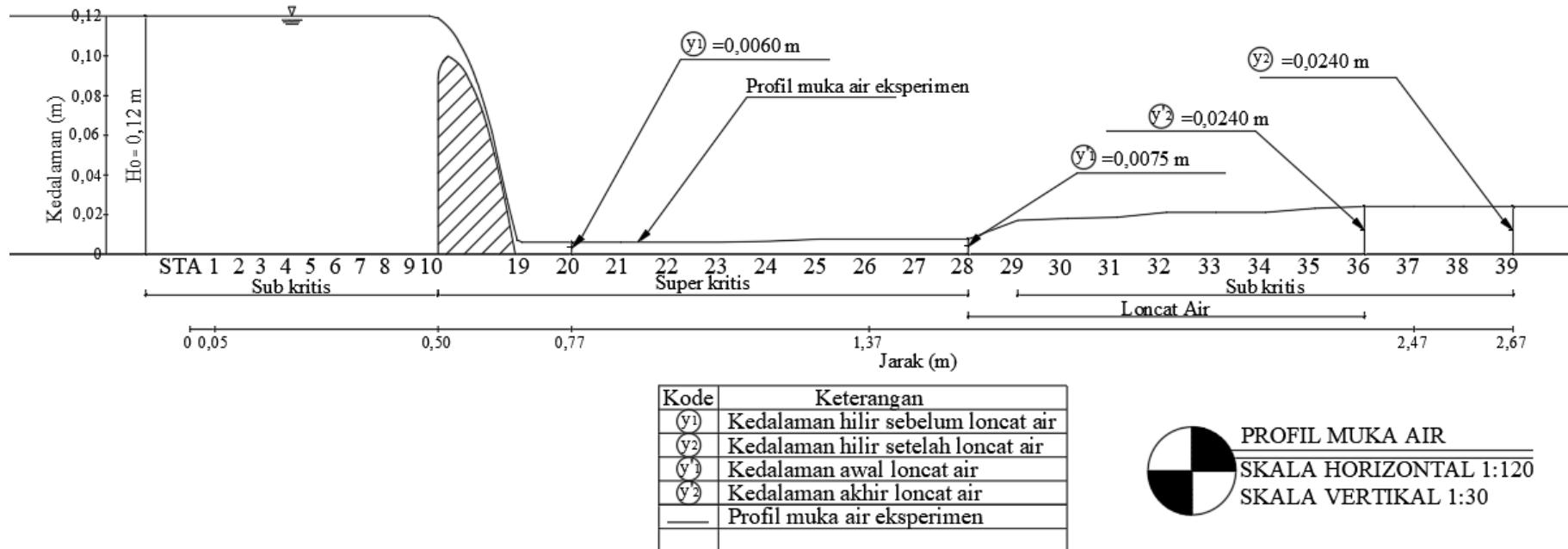
Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,14	1	0,100	0,0160	0,14	1	0,100	0,0150	0,14	1	0,100	0,0150	0,14	1	0,100	0,0140
	2	0,200	0,0160		2	0,200	0,0150		2	0,200	0,0150		2	0,200	0,0140
	3	0,300	0,0160		3	0,300	0,0150		3	0,300	0,0150		3	0,300	0,0140
	4	0,400	0,0160		4	0,400	0,0150		4	0,400	0,0150		4	0,400	0,0140
	5	0,500	0,0160		5	0,500	0,0150		5	0,500	0,0150		5	0,500	0,0140
	6	0,600	0,0160		6	0,600	0,0150		6	0,600	0,0150		6	0,600	0,0140
	7	0,700	0,0160		7	0,700	0,0150		7	0,700	0,0150		7	0,700	0,0140
	8	0,800	0,0160		8	0,800	0,0150		8	0,800	0,0150		8	0,800	0,0140
	9	0,900	0,0160		9	0,900	0,0150		9	0,900	0,0150		9	0,900	0,0140
	10	1,000	0,0160		10	1,000	0,0150		10	1,000	0,0150		10	1,000	0,0140
	11	1,100	0,0160		11	1,100	0,0150		11	1,100	0,0150		11	1,100	0,0140
	12	1,200	0,0160		12	1,200	0,0160		12	1,200	0,0150		12	1,200	0,0140
	13	1,300	0,0160		13	1,300	0,0165		13	1,300	0,0160		13	1,300	0,0150
	14	1,400	0,0160		14	1,400	0,0175		14	1,400	0,0160		14	1,400	0,0160
	15	1,500	0,0160		15	1,500	0,0180		15	1,500	0,0160		15	1,500	0,0165
	16	1,600	0,0165		16	1,600	0,0190		16	1,600	0,0175		16	1,600	0,0165
	17	1,700	0,0170		17	1,700	0,0200		17	1,700	0,0185		17	1,700	0,0165
	18	1,800	0,0180		18	1,800	0,0205		18	1,800	0,0190		18	1,800	0,0185
	19	1,900	0,0200		19	1,900	0,0210		19	1,900	0,0205		19	1,900	0,0195
	20	2,000	0,0205		20	2,000	0,0210		20	2,000	0,0210		20	2,000	0,0205
	21	2,100	0,0210		21	2,100	0,0215		21	2,100	0,0215		21	2,100	0,0215
	22	2,200	0,0220		22	2,200	0,0220		22	2,200	0,0225		22	2,200	0,0305
	23	2,300	0,0230		23	2,300	0,0315		23	2,300	0,0325		23	2,300	0,0315
	24	2,400	0,0245		24	2,400	0,0325		24	2,400	0,0335		24	2,400	0,0325
	25	2,500	0,0350		25	2,500	0,0345		25	2,500	0,0345		25	2,500	0,0345
	26	2,600	0,0350		26	2,600	0,0355		26	2,600	0,0355		26	2,600	0,0350
	27	2,700	0,0360		27	2,700	0,0365		27	2,700	0,0350		27	2,700	0,0355
	28	2,800	0,0365		28	2,800	0,0360		28	2,800	0,0360		28	2,800	0,0355
	29	2,900	0,0365		29	2,900	0,0365		29	2,900	0,0370		29	2,900	0,0365
	30	3,000	0,0370		30	3,000	0,0370		30	3,000	0,0365		30	3,000	0,0360
	31	3,100	0,0375		31	3,100	0,0365		31	3,100	0,0370		31	3,100	0,0360
	32	3,200	0,0375		32	3,200	0,0365		32	3,200	0,0365		32	3,200	0,0365
	33	3,300	0,0370		33	3,300	0,0370		33	3,300	0,0370		33	3,300	0,0365
	34	3,400	0,0375		34	3,400	0,0370		34	3,400	0,0370		34	3,400	0,0365

Lanjutan Table 5. 14 Data Profil Muka Air di Hilir Mercu Bendung Mercu Ogee 1,2,3 dan 4 pada Kedalaman Hulu 0,11 m, 0,12 m, 0,13 m, 0,14 m dan 0,15 m

Mercu Ogee 1				Mercu Ogee 2				Mercu Ogee 3				Mercu Ogee 4			
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)	(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman (m)
0,15	1	0,100	0,0185	0,15	1	0,100	0,0180	0,15	1	0,100	0,0180	0,15	1	0,100	0,0170
	2	0,200	0,0185		2	0,200	0,0180		2	0,200	0,0180		2	0,200	0,0170
	3	0,300	0,0185		3	0,300	0,0180		3	0,300	0,0180		3	0,300	0,0170
	4	0,400	0,0185		4	0,400	0,0180		4	0,400	0,0180		4	0,400	0,0170
	5	0,500	0,0185		5	0,500	0,0180		5	0,500	0,0180		5	0,500	0,0170
	6	0,600	0,0185		6	0,600	0,0180		6	0,600	0,0180		6	0,600	0,0170
	7	0,700	0,0185		7	0,700	0,0180		7	0,700	0,0180		7	0,700	0,0170
	8	0,800	0,0185		8	0,800	0,0180		8	0,800	0,0180		8	0,800	0,0180
	9	0,900	0,0185		9	0,900	0,0180		9	0,900	0,0185		9	0,900	0,0190
	10	1,000	0,0185		10	1,000	0,0180		10	1,000	0,0185		10	1,000	0,0200
	11	1,100	0,0185		11	1,100	0,0185		11	1,100	0,0185		11	1,100	0,0200
	12	1,200	0,0185		12	1,200	0,0185		12	1,200	0,0200		12	1,200	0,0200
	13	1,300	0,0185		13	1,300	0,0190		13	1,300	0,0210		13	1,300	0,0200
	14	1,400	0,0185		14	1,400	0,0200		14	1,400	0,0210		14	1,400	0,0200
	15	1,500	0,0185		15	1,500	0,0210		15	1,500	0,0215		15	1,500	0,0205
	16	1,600	0,0200		16	1,600	0,0215		16	1,600	0,0215		16	1,600	0,0215
	17	1,700	0,0200		17	1,700	0,0220		17	1,700	0,0240		17	1,700	0,0225
	18	1,800	0,0210		18	1,800	0,0230		18	1,800	0,0250		18	1,800	0,0235
	19	1,900	0,0220		19	1,900	0,0245		19	1,900	0,0260		19	1,900	0,0260
	20	2,000	0,0230		20	2,000	0,0255		20	2,000	0,0270		20	2,000	0,0260
	21	2,100	0,0240		21	2,100	0,0265		21	2,100	0,0275		21	2,100	0,0280
	22	2,200	0,0240		22	2,200	0,0270		22	2,200	0,0280		22	2,200	0,0280
	23	2,300	0,0250		23	2,300	0,0280		23	2,300	0,0290		23	2,300	0,0290
	24	2,400	0,0265		24	2,400	0,0290		24	2,400	0,0295		24	2,400	0,0290
	25	2,500	0,0275		25	2,500	0,0300		25	2,500	0,0305		25	2,500	0,0310
	26	2,600	0,0285		26	2,600	0,0305		26	2,600	0,0320		26	2,600	0,0325
	27	2,700	0,0305		27	2,700	0,0310		27	2,700	0,0320		27	2,700	0,0325
	28	2,800	0,0320		28	2,800	0,0310		28	2,800	0,0325		28	2,800	0,0335
	29	2,900	0,0325		29	2,900	0,0310		29	2,900	0,0325		29	2,900	0,0340
	30	3,000	0,0325		30	3,000	0,0320		30	3,000	0,0330		30	3,000	0,0345
	31	3,100	0,0325		31	3,100	0,0320		31	3,100	0,0335		31	3,100	0,0355
	32	3,200	0,0325		32	3,200	0,0325		32	3,200	0,0335		32	3,200	0,0365
	33	3,300	0,0325		33	3,300	0,0330		33	3,300	0,0335		33	3,300	0,0365
	34	3,400	0,0330		34	3,400	0,0335		34	3,400	0,0335		34	3,400	0,0410
	35	3,500	0,0340		35	3,500	0,0345		35	3,500	0,0355		35	3,500	0,0415
	36	3,600	0,0340		36	3,600	0,0415		36	3,600	0,0425		36	3,600	0,0425
	37	3,700	0,0435		37	3,700	0,0425		37	3,700	0,0430		37	3,700	0,0425
	38	3,800	0,0440		38	3,800	0,0435		38	3,800	0,0435		38	3,800	0,0425
	39	3,900	0,0445		39	3,900	0,0435		39	3,900	0,0435		39	3,900	0,0425
	40	4,000	0,0445		40	4,000	0,0435		40	4,000	0,0435		40	4,000	
	41	4,100	0,0445		41	4,100			41	4,100			41	4,100	

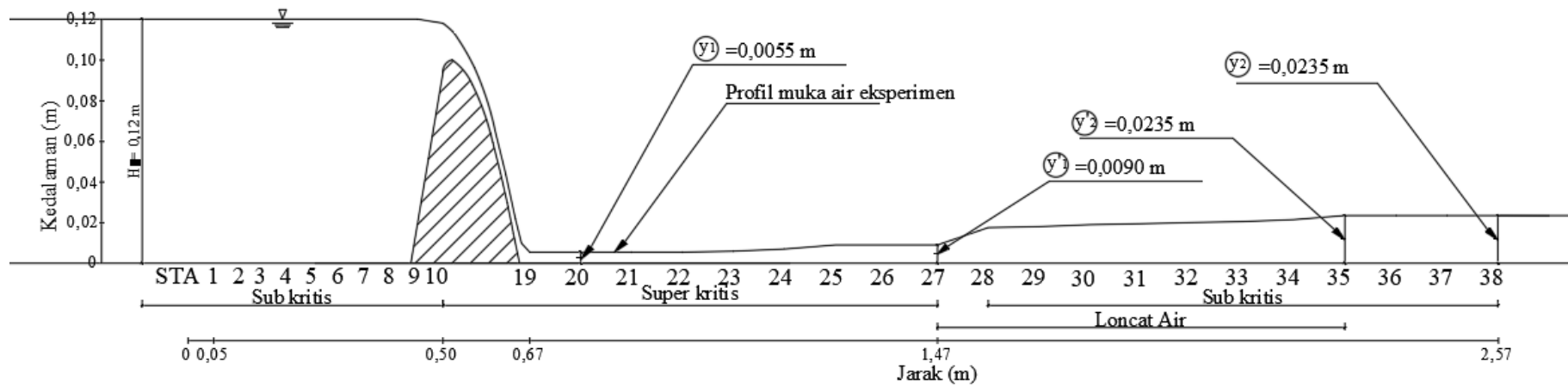
d. Gambar Profil Muka Air Eksperimen

Dari data Table 5.12-5.14 dapat digambarkan profil muka aliran pada percobaan dengan variasi  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut.



Gambar 5. 2 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 1 pada  $H_0 = 0,12$  m



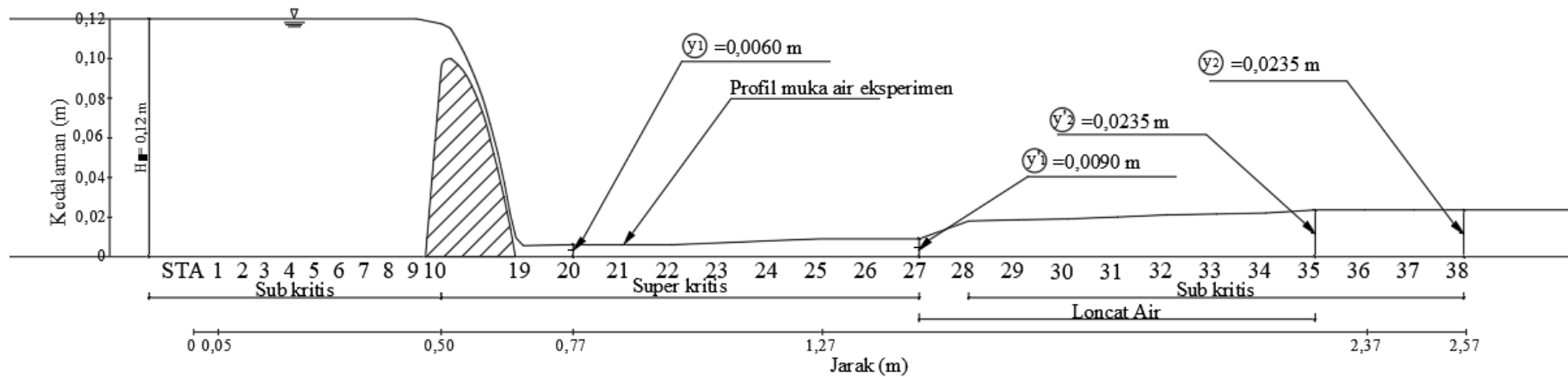


Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>1</sub> ')	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>2</sub> ')	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen



PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:120  
 SKALA VERTIKAL 1:30

**Gambar 5.3 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 2 pada  $H_0 = 0,12$  m**

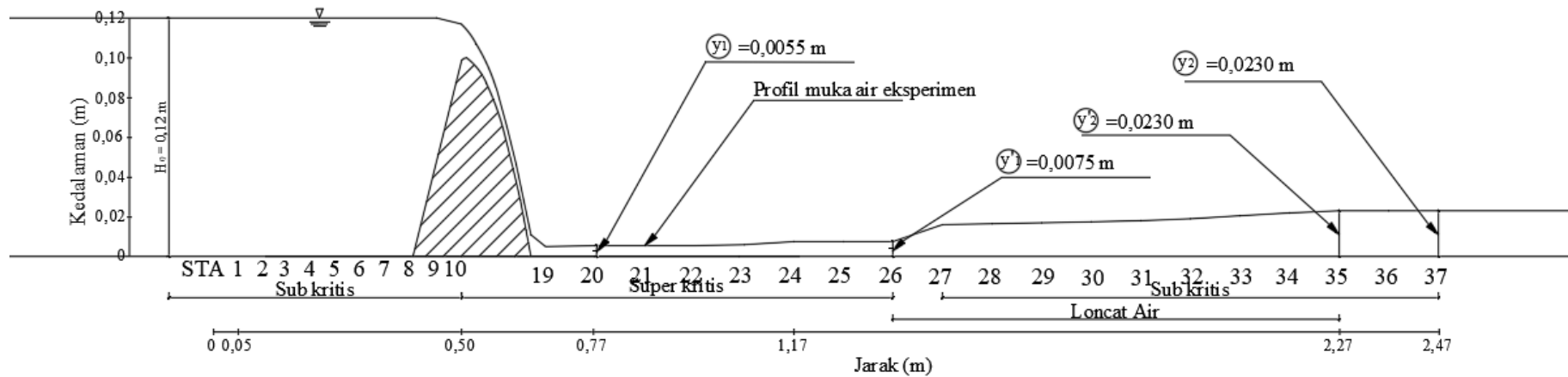


Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>3</sub> )	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>4</sub> )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen



PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:120  
 SKALA VERTIKAL 1:30

Gambar 5. 4 Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 3 pada  $H_0 = 0,12$  m



Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>3</sub> )	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>4</sub> )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen



PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:120  
 SKALA VERTIKAL 1:30

**Gambar 5.5** Profil Muka Air Eksperimen Mercu Ogee 4 pada  $H_0 = 0,12$

## 5.2. Analisis Numerik

### 5.2.1. Profil Muka Air di Hulu

Perhitungan ini digunakan untuk suatu aliran dengan penambahan debit, kemudian untuk aliran dengan pengurangan debit.

#### 1. Mercu Ogee 1

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,119 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000473 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dari data-data di atas, maka dapat dihitung profil muka air pada kedalaman hulu 0,12 m sebagai berikut :

Debit persatuan lebar (q)

$$\begin{aligned} q &= Q/b \\ &= \frac{0,000473}{0,1} \\ &= 0,004732 \text{ m}^3/\text{d/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_c &= \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \\ &= 0,013167 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= y \times b \\ &= 0,119 \times 0,1 \\ &= 0,0119 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + (2 \times y) \\ &= 0,1 + (2 \times 0,119) \\ &= 0,3380 \end{aligned}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0119}{0,3380} \\
 &= 0,0352 \\
 F_1 &= \frac{S_0 \frac{n^2 \times Q^2}{4}}{1 - \frac{Q^2 \times T}{g \times A^3}} \\
 &= \frac{0 - \frac{0,01^2 \times 0,000473^2}{0,0119^2 \times 0,0352^{4/3}}}{1 - \frac{0,000473^2 \times 0,1}{9,81 \times 0,0119^3}} \\
 &= -0,0000137
 \end{aligned}$$

Pertama kali dianggap  $F_2 = F_1$  sehingga dapat dihitung  $y_2$  sebagai berikut:

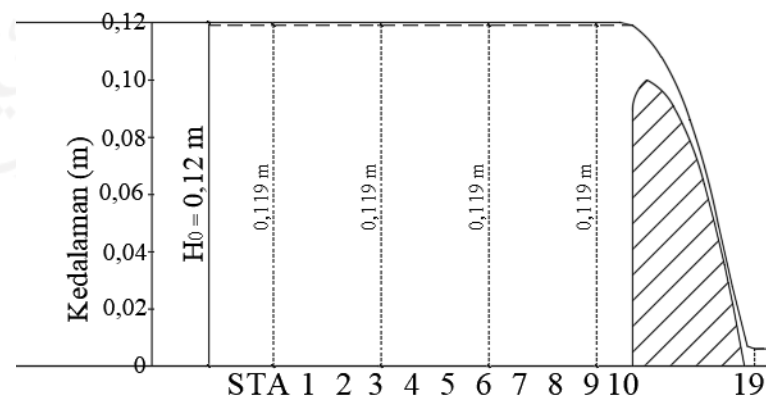
$$\begin{aligned}
 y_2 &= y_1 - \frac{f_1 + f_2}{2} \times \Delta x \\
 &= 0,119 - \frac{(-0,0000137) + (-0,0000137)}{2} \times 0,05 \\
 &= 0,11899931 \text{ m} \\
 f_2 &= \frac{S_0 \frac{n^2 \times q^2}{10}}{1 - \frac{q^2}{g \times y^3}} \\
 &= \frac{0 - \frac{0,01^2 \times 0,004732^2}{0,118999^{10/3}}}{1 - \frac{0,004732^2}{9,81 \times 0,118999^3}} \\
 &= -0,000002705 \\
 y'_2 &= y_1 - \frac{f_1 + f_2}{2} \times \Delta x \\
 &= 0,119 - \frac{(-0,0000137) + (-0,000002705)}{2} \times 0,05 \\
 &= 0,11899959 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hitungan selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama sampai sejauh 0,5 m. Adapun data perhitungan dapat dilihat pada table 5.15

**Table 5. 15 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 1**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
10	1	0,05	0,00	0,1190000
9	2	0,05	0,05	0,1190004
8	3	0,05	0,10	0,1190005
7	4	0,05	0,15	0,1190007
6	5	0,05	0,20	0,1190008
5	6	0,05	0,25	0,1190010
4	7	0,05	0,30	0,1190011
3	8	0,05	0,35	0,1190012
2	9	0,05	0,40	0,1190014
1	10	0,05	0,45	0,1190015
0	11	0,05	0,50	0,1190016

Dari data pada Tabel 5.15 dapat digambarkan pola aliran pada percobaan dengan variasi  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut



**Gambar 5. 6 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 1 pada  $H_0 = 0,12$  m**

## 2. Mercu Ogee 2

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 12 cm diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,118 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/ dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

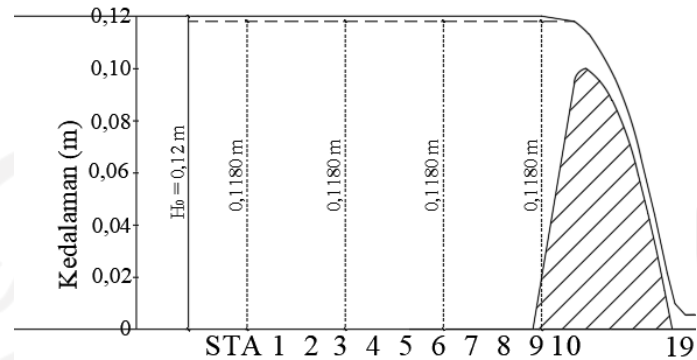
$$Q = 0,000487 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan profil muka aliran hulu pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 2 dapat dilihat pada Tabel 5.16

**Table 5. 16 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 2**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
10	1	0,05	0,00	0,1180000
9	2	0,05	0,05	0,1180004
8	3	0,05	0,10	0,1180006
7	4	0,05	0,15	0,1180007
6	5	0,05	0,20	0,1180009
5	6	0,05	0,25	0,1180010
4	7	0,05	0,30	0,1180012
3	8	0,05	0,35	0,1180013
2	9	0,05	0,40	0,1180015
1	10	0,05	0,45	0,1180016
0	11	0,05	0,50	0,1180018

Dari data pada Tabel 5.16 dapat digambarkan pola aliran pada percobaan dengan variasi  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut



**Gambar 5. 7 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 2 pada  $H_0 = 0,12$  m**

### 3. Mercu Ogee 3

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 12 cm diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,1175 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000479 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan profil muka aliran hulu pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 2 dapat dilihat pada Tabel 5.17

**Table 5. 17 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3**

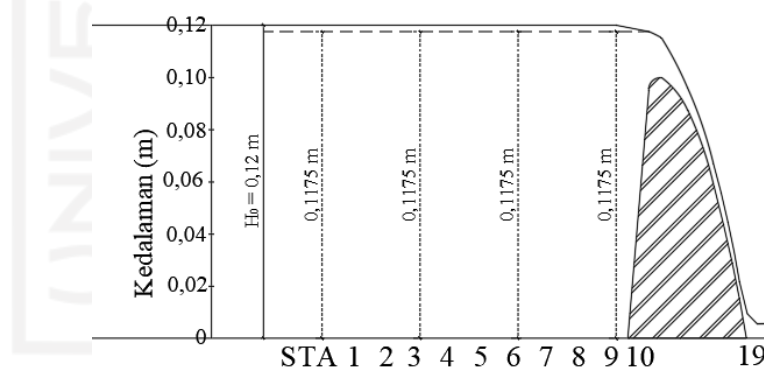
STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
10	1		0,00	0,1175000
		0,05		
9	2		0,05	0,1175004
		0,05		
8	3		0,10	0,1175006
		0,05		
7	4		0,15	0,1175007
		0,05		



**Lanjutan Table 5. 17 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$Y_i$ (m)
6	5	0,05	0,20	0,1175009
5	6	0,05	0,25	0,1175010
4	7	0,05	0,30	0,1175012
3	8	0,05	0,35	0,1175013
2	9	0,05	0,40	0,1175014
1	10	0,05	0,45	0,1175016
0	11	0,05	0,50	0,1175017

Dari data pada Tabel 5.17 dapat digambarkan pola aliran pada percobaan dengan variasi  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut



**Gambar 5. 8 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 3 pada  $H_0 = 0,12$  m**

#### 4. Mercu Ogee 4

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 cm diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,117 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/ dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

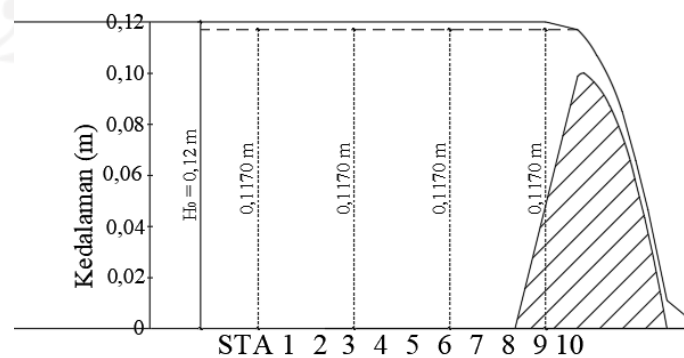
$$Q = 0,000491 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan profil muka aliran hulu pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 4 dapat dilihat pada Tabel 5.18

**Table 5. 18 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hulu pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 4**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
10	1	0,05	0,00	0,1170000
9	2	0,05	0,05	0,1170005
8	3	0,05	0,10	0,1170006
7	4	0,05	0,15	0,1170008
6	5	0,05	0,20	0,1170009
5	6	0,05	0,25	0,1170011
4	7	0,05	0,30	0,1170012
3	8	0,05	0,35	0,1170014
2	9	0,05	0,40	0,1170015
1	10	0,05	0,45	0,1170017
0	11	0,05	0,50	0,1170018

Dari data pada Tabel 5.18 dapat digambarkan pola aliran pada percobaan dengan variasi  $H_0 = 0,12 \text{ m}$  adalah seperti berikut



**Gambar 5. 9 Profil Muka Air Hulu Mercu Ogee 4 pada  $H_0 = 0,12 \text{ m}$**

### 5.2.2. Profil Muka Air di Hilir

#### 1. Perhitungan Panjang Loncat Air

##### a. Mercu Ogee 1

i) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 11 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0130 - 0,0035)$$

$$L_j = 0,0665 \text{ m}$$

ii)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 12 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0240 - 0,0060)$$

$$L_j = 0,1260 \text{ m}$$

iii) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 13 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0325 - 0,0100)$$

$$L_j = 0,1575 \text{ m}$$

iv)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 14 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0375 - 0,0160)$$

$$L_j = 0,1505 \text{ m}$$

v) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 15 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0445 - 0,0185)$$

$$L_j = 0,1820 \text{ m}$$

##### b. Mercu Ogee 2

i) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 11 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0135 - 0,0035)$$

$$L_j = 0,0700 \text{ m}$$

ii)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 12 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0180 - 0,0055)$$

$$L_j = 0,0875 \text{ m}$$

iii) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 13 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0315 - 0,0090)$$

$$L_j = 0,1575 \text{ m}$$

iv)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 14 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0370 - 0,0150)$$

$$L_j = 0,1540 \text{ m}$$

v) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 15 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0435 - 0,0180)$$

$$L_j = 0,1785 \text{ m}$$

c. Mercu Ogee 3

i) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 11 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0135 - 0,0035)$$

$$L_j = 0,070 \text{ m}$$

ii)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 12 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0235 - 0,0060)$$

$$L_j = 0,1225 \text{ m}$$

iii) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 13 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0320 - 0,0095)$$

$$L_j = 0,1575 \text{ m}$$

iv)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 14 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0370 - 0,0150)$$

$$L_j = 0,1540 \text{ m}$$

v) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 15 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0435 - 0,0180)$$

$$L_j = 0,1785 \text{ m}$$

d Mercu Ogee 4

i) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 11 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0135 - 0,0030)$$

$$L_j = 0,0735 \text{ m}$$

ii)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 12 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0230 - 0,0055)$$

$$L_j = 0,1225 \text{ m}$$

iii) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 13 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0310 - 0,0090)$$

$$L_j = 0,1540 \text{ m}$$

iv)  $L_j =$  Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 14 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0365 - 0,0140)$$

$$L_j = 0,1575 \text{ m}$$

v) Tinggi Muka Air Hulu ( $H_0$ ) = 15 cm

$$L_j = (5 \text{ sampai } 7) y_2 - y_1$$

$$L_j = 7 \times (0,0425 - 0,0170)$$

$$L_j = 0,1785 \text{ m}$$

Rekapitulasi perhitungan loncat air pada percobaan dapat dilihat pada Tabel 5.19

**Table 5. 19 Rekapitulasi Panjang Loncat Air Analisis**

$H_0$ (m)	Mercu Ogee 1	Mercu Ogee 2	Mercu Ogee 3	Mercu Ogee 4
	$L_j$ (m)	$L_j$ (m)	$L_j$ (m)	$L_j$ (m)
0,11	0,0665	0,0700	0,0700	0,0735
0,12	0,1260	0,0875	0,1225	0,1225
0,13	0,1540	0,1575	0,1540	0,1540
0,14	0,1435	0,1470	0,1505	0,1505
0,15	0,1820	0,1785	0,1785	0,1785

## 2. Perhitungan Profil Muka Air Hilir

### a Mercuri Ogee 1

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,0060 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000473 \text{ m}^3/\text{d}$$

Dari data-data di atas, maka dapat dihitung profil muka air pada kedalaman hulu 0,11 m sebagai berikut :

Debit persatuan lebar (q)

$$\begin{aligned} q &= Q/b \\ &= \frac{0,000473}{0,1} \\ &= 0,004732 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= y \times b \\ &= 0,0060 \times 0,1 \\ &= 0,00060 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= b + (2 \times y) \\ &= 0,1 + (2 \times 0,0060) \\ &= 0,1120 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= A/P \\ &= 0,00060/0,1120 \\ &= 0,0054 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{s_0 \frac{n^2 \times Q^2}{4}}{1 - \frac{Q^2 \times T}{g \times A^3}} \\ &= \frac{0 - \frac{0,01^2 \times 0,000473^2}{4}}{1 - \frac{0,000473^2 \times 0,1}{9,81 \times 0,00060^3}} \end{aligned}$$

$$= 0,006936$$

Pertama kali dianggap  $F_2 = F_1$  sehingga dapat dihitung  $y_2$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned} y_2 &= y_1 + \frac{f_1+f_2}{2} \times \Delta x \\ &= 0,0060 + \frac{(0,006936)+(0,006936)}{2} \times 0,10 \\ &= 0,006693 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{s_0 - \frac{n^2 \times q^2}{10}}{\frac{y^3}{1 - \frac{q^2}{g \times y^3}}} \\ &= \frac{0 - \frac{0,01^2 \times x \times}{0,006693^{10/3}}}{1 - \frac{0,004732^2}{9,81 \times 0,006693^3}} \\ &= 0,005993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y'_2 &= y_1 + \frac{f_1+f_2}{2} \times \Delta x \\ &= 0,0060 + \frac{(0,006936)+(0,005993)}{2} \times 0,10 \\ &= 0,006646 \text{ m} \end{aligned}$$

Hitungan selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama sampai sejauh 2,0 m. Adapun data perhitungan dapat dilihat pada table 5.20

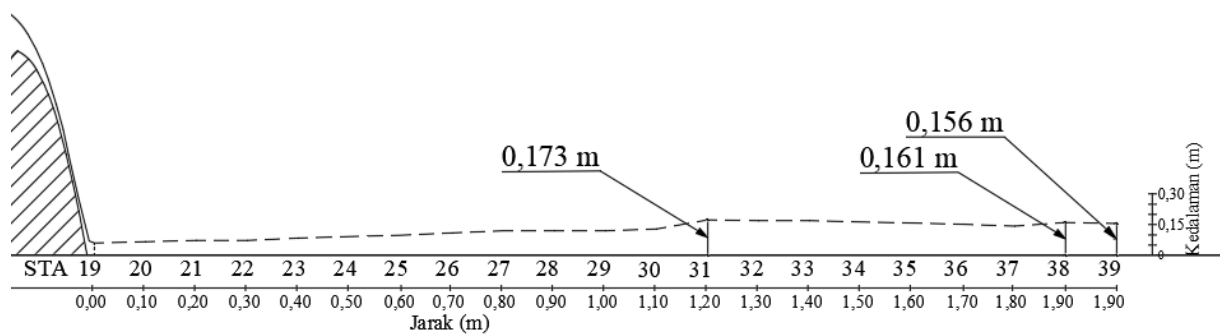
**Table 5. 20 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 1**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
19	1		0,00	0,006000
20	2	0,1	0,10	0,006646
		0,1		
21	3	0,1	0,20	0,007250
		0,1		
22	4	0,1	0,30	0,007868
		0,1		
23	5	0,1	0,40	0,008510
		0,1		
24	6	0,1	0,50	0,009193
		0,1		
25	7	0,1	0,60	0,009945
		0,1		
26	8	0,1	0,70	0,010833
		0,1		

**Lanjutan Table 5. 20 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 1**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
27	9	0,1	0,80	0,012119
28	10	0,1	0,90	0,012154
29	11	0,1	1,00	0,012316
30	12	0,1	1,10	0,012957
31	13	0,1	1,20	0,017361
32	14	0,1	1,30	0,017053
33	15	0,1	1,40	0,016708
34	16	0,1	1,50	0,016312
35	17	0,1	1,60	0,015839
36	18	0,1	1,70	0,015231
37	19	0,1	1,80	0,014275
38	20	0,1	1,90	0,016129
39	21	0,1	2,00	0,015611

Dari tabel 5.20 dapat dibuat gambar pola aliran pada percobaan dengan  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut.



**Gambar 5. 10 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 1 pada  $H_0 = 0,12$  m**



## b Mercu Ogee 2

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,0055 \text{ m}$$

$$I_o = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000487 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 2 dapat dilihat pada Tabel 5.21

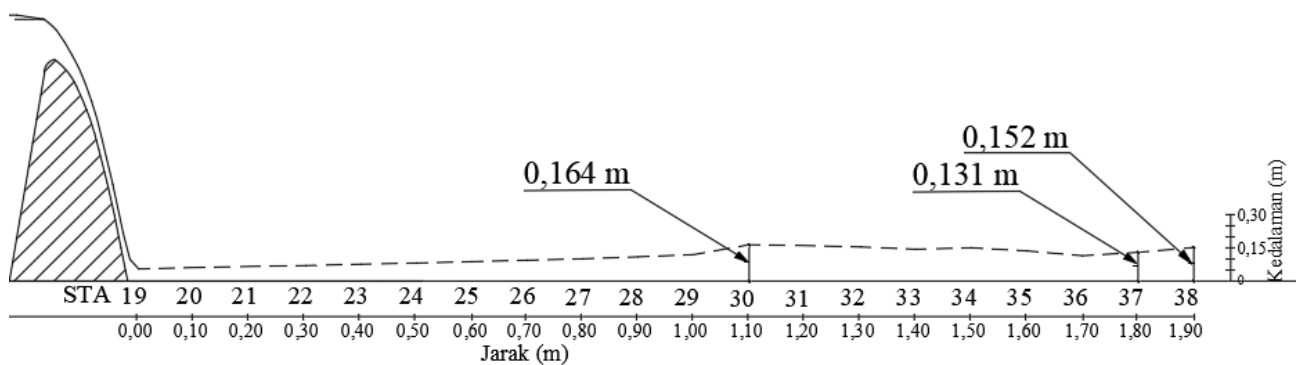
**Table 5. 21 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 2**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
19	1		0,00	0,005500
		0,1		
20	2		0,10	0,006075
		0,1		
21	3		0,20	0,006609
		0,1		
22	4		0,30	0,007146
		0,1		
23	5		0,40	0,007691
		0,1		
24	6		0,50	0,008250
		0,1		
25	7		0,60	0,008833
		0,1		
26	8		0,70	0,009451
		0,1		
27	9		0,80	0,010126
		0,1		

**Lanjutan Table 5.21 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik  
di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 2**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
28	10	0,1	0,90	0,010904
29	11	0,1	1,00	0,011923
30	12	0,1	1,10	0,016424
31	13	0,1	1,20	0,015962
32	14	0,1	1,30	0,015363
33	15	0,1	1,40	0,014399
34	16	0,1	1,50	0,015102
35	17	0,1	1,60	0,013747
36	18	0,1	1,70	0,011498
37	19	0,1	1,80	0,013053
38	20	0,1	1,90	0,015209

Dari tabel 5.21 dapat dibuat gambar pola aliran pada percobaan dengan  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut.



**Gambar 5. 11 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 2 pada  $H_0 = 0,12$  m**

## c Mercu Ogee 3

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,0055 \text{ m}$$

$$I_o = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000479 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 3 dapat dilihat pada Tabel 5.22

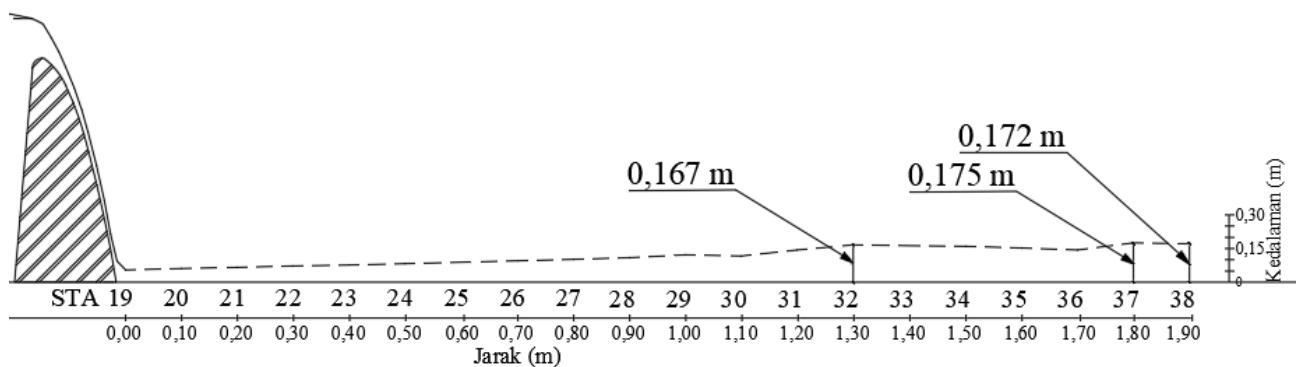
**Table 5. 22 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
19	1	0,1	0,00	0,005500
20	2	0,1	0,10	0,006077
21	3	0,1	0,20	0,006613
22	4	0,1	0,30	0,007153
23	5	0,1	0,40	0,007702
24	6	0,1	0,50	0,008268
25	7	0,1	0,60	0,008858
26	8	0,1	0,70	0,009489
27	9	0,1	0,80	0,010186
28	10	0,1	0,90	0,011008

**Lanjutan Table 5.22 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik  
di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 3**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
29	11		1,00	0,012174
		0,1		
30	12		1,10	0,011659
		0,1		
31	13		1,20	0,014360
		0,1		
32	14		1,30	0,016678
		0,1		
33	15		1,40	0,016300
		0,1		
34	16		1,50	0,015850
		0,1		
35	17		1,60	0,015274
		0,1		
36	18		1,70	0,014385
		0,1		
37	19		1,80	0,017469
		0,1		
38	20		1,90	0,017190

Dari tabel 5.22 dapat dibuat gambar pola aliran pada percobaan dengan  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut.



**Gambar 5. 12 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 3 pada  $H_0 = 0,12$  m**

## d Mercu Ogee 4

Perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m diperlukan beberapa komponen data yang telah diketahui seperti :

$$y = 0,0050 \text{ m}$$

$$I_0 = 0$$

$$g = 9,81 \text{ m/dt}^2$$

$$b = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$T = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 0,000491 \text{ m}^3/\text{d}$$

Hasil perhitungan Profil Muka Aliran pada kedalaman hulu 0,12 m mercu Ogee 5 dapat dilihat pada Tabel 5.23

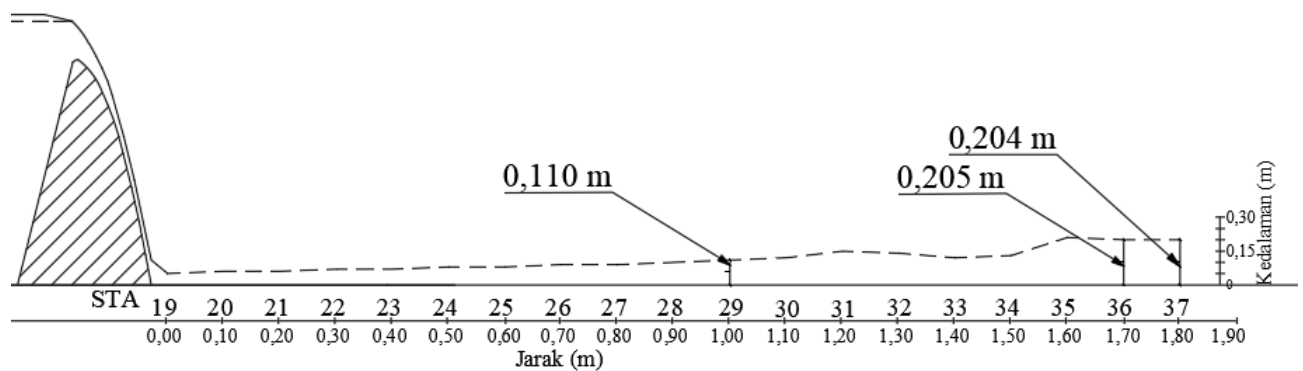
**Table 5. 23 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 4**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
19	1	0,1	0,00	0,005000
20	2	0,1	0,10	0,005576
21	3	0,1	0,20	0,006111
22	4	0,1	0,30	0,006643
23	5	0,1	0,40	0,007179
24	6	0,1	0,50	0,007724
25	7	0,1	0,60	0,008282
26	8	0,1	0,70	0,008863
27	9	0,1	0,80	0,009479
28	10	0,1	0,90	0,010151

**Lanjutan Table 5.23 Data Hasil Analisis Perhitungan Numerik  
di Hilir pada Kedalaman 0,12 m Mercu Ogee 4**

STA	Titik i	$x_{i+1}-x_i$ (m)	Jarak Kumulatif (m)	$y_i$ (m)
29	11		1,00	0,010922
30	12	0,1	1,10	0,011922
31	13	0,1	1,20	0,015172
32	14	0,1	1,30	0,013822
33	15	0,1	1,40	0,011647
34	16	0,1	1,50	0,013379
35	17	0,1	1,60	0,020647
36	18	0,1	1,70	0,020520
37	19	0,1	1,80	0,020390

Dari tabel 5.23 dapat dibuat gambar pola aliran pada percobaan dengan  $H_0 = 0,12$  m adalah seperti berikut.



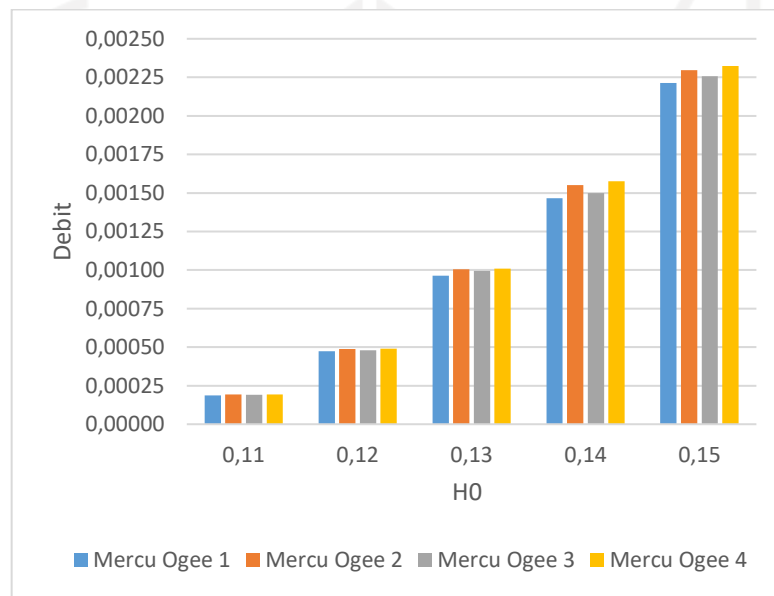
**Gambar 5. 13 Profil Muka Air Analisis Hilir Mercu Ogee 4 pada  $H_0 = 0,12$  m**

### 5.3. Pembahasan

Pada sub-bab sebelumnya telah dilakukan analisis data, selanjutnya pada sub-bab ini akan dilakukan pembahasan mengenai perhitungan yang telah diuraikan secara menyeluruh seperti berikut ini.

#### 1. Debit Aliran

Gambar 5.14 di bawah menunjukkan bahwa Mercu ogee tipe 1 menghasilkan debit aliran paling kecil dibandingkan dengan tipe yang lain. Ditinjau dari aspek sudut hulu bendung bahwa tipe ini memiliki sudut yang paling besar yaitu  $90^{\circ}$  yang mengakibatkan adanya perbedaan pada laju aliran.



**Gambar 5. 14** Pebandingan Debit Tiap Mercu Ogee

#### 2. Kecepatan Aliran

Aliran pada hulu sampai hilir bendung memiliki debit aliran yang sama dengan kecepatan yang berbeda, Hal ini karena luas tampang basah di hulu lebih besar dibandingkan luas tampang basah di hilir.

Dari 20 kali percobaan pengukuran debit dengan 5 variasi  $H_0$  dan 4 bangunan mercu bendung, didapatkan kecepatan yang paling besar pada percobaan di variasi  $H_0 = 0,15$  m dengan tipe mercu bendung yang ke 4. Ini terjadi karena debit pada aliran ini merupakan yang paling besar dari percobaan yang. Sedangkan Kecepatan di hulu dan hilir yang paling kecil terdapat di variasi  $H_0 = 0,11$  m tipe mercu ogee

ke 1 yang merupakan debit yang paling kecil. Data kecepatan terkecil dan terbesar dapat dilihat pada table L-2.1 dan L-2.5

Dari percobaan yang dilakukan terdapat 2 jenis kecepatan, Kecepatan aliran berubah beraturan dan kecepatan berubah cepat. Kecepatan berubah beraturan terjadi di hulu bendung, di hilir bendung, sebelum dan sesudah loncat air. Sedangkan untuk kecepatan berubah cepat terjadi di terjunan atau di atas mercu bendung dan loncat air.

### 3. Angka Froude

Aliran pada hulu bendung memiliki nilai  $Fr < 1$  sehingga jenis aliran nya yaitu sub kritik. Hal ini dipengaruhi oleh adanya pembendungan yang menyebabkan elevasi muka air meningkat. Ketika air di atas bendung nilai  $Fr > 1$  (aliran super kritik). karena terdapat terjunan menyebabkan kondisi aliran berubah yang awalnya di hulu sub kritik berubah menjadi super kritik. Pada hilir aliran memiliki 2 kondisi, yaitu aliran superkritik dan aliran sub kritik. Kondisi super kritik di hilir terjadi karena kedalaman hilir  $<$  kedalaman kritik, sebaliknya kondisi sub kritik di hilir terjadi karena kedalaman hilir  $>$  kedalaman kritik. Data angka Froude dapat dilihat pada table L-2.1 sampai L-2.5

### 4. Loncat Air

Apabila tipe aliran di saluran berubah, dari aliran super kritik menjadi sub kritik maka, akan terjadi loncat air. Pada analisis perhitungan loncat air dari 5 variasi  $H_0$  yaitu 0,11 m: 0,12 m: 0,13 m: 0,14 m dan 0,15 m, di variasi  $H_0 = 0,14$  m memiliki panjang loncat air yang ter panjang, sedangkan pada eksperimen panjang loncat air yang terpanjang terdapat divariasi  $H_0 = 0,15$  m. Perbedaan ini terjadi karena panjang saluran *Hydraulic flume* tidak cukup panjang saat pengambilan data loncat air eksperimen, sehingga pada pengambilan data variasi 0,15 m tidak maksimal. Data panjang loncat air eksperimen dan analisis dapat dilihat pada Tabel 5.24



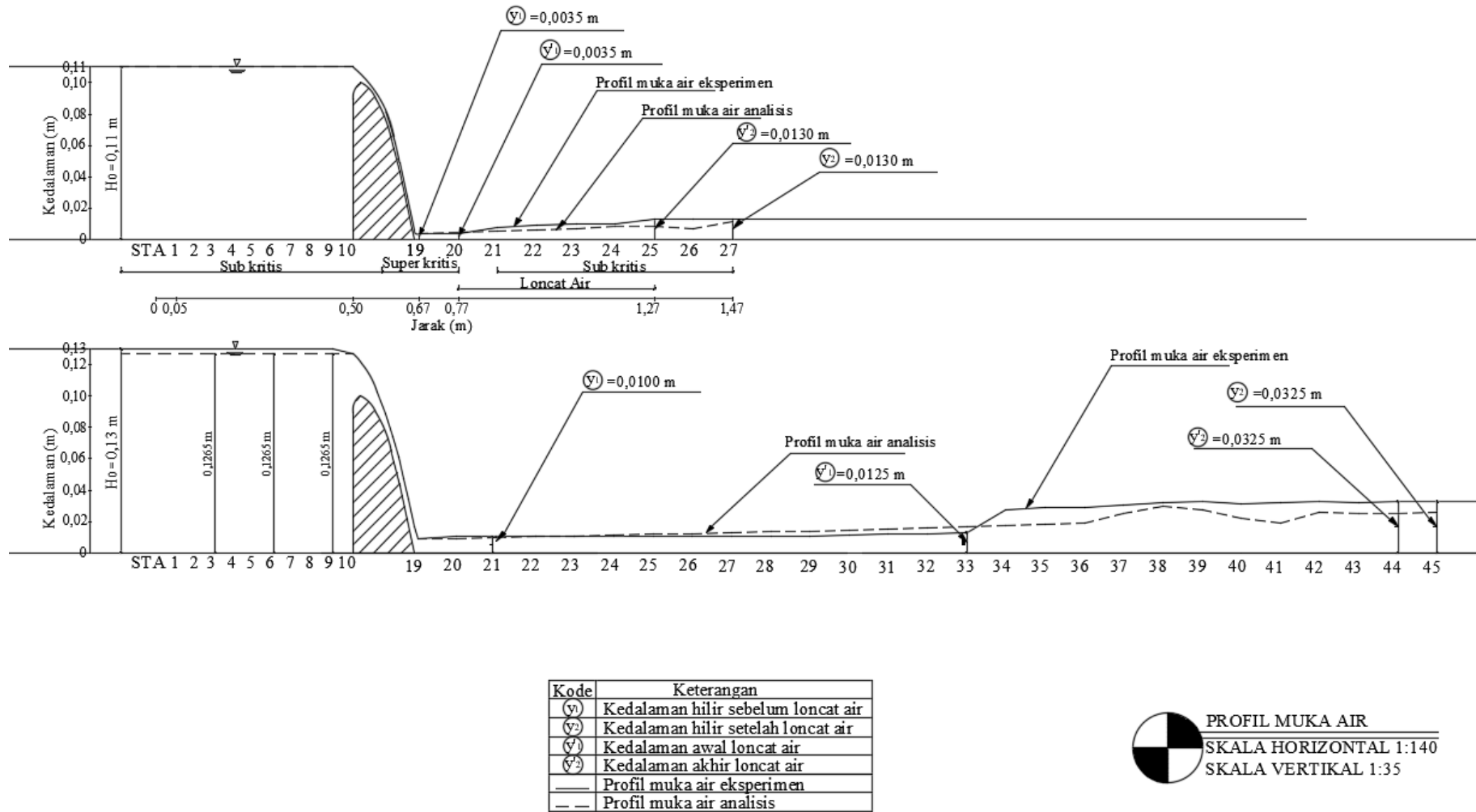
**Table 5. 24 Panjang Loncat Air Eksperimen dan Analisis**

H <sub>0</sub> (m)	Mercu Ogee 1		Mercu Ogee 2		Mercu Ogee 3		Mercu Ogee 4	
	Eksperimen	Analisis	Eksperimen	Analisis	Eksperimen	Analisis	Eksperimen	Analisis
0,11	0,5000	0,0665	0,5000	0,0700	0,6000	0,0700	0,6000	0,0735
0,12	0,8000	0,1260	0,8000	0,0875	0,8000	0,1225	0,8000	0,1225
0,13	1,0000	0,1540	1,0000	0,1575	1,0000	0,1540	1,0000	0,1540
0,14	1,0000	0,1435	1,1000	0,1470	1,1000	0,1505	1,1000	0,1505
0,15	0,3000	0,1820	0,3000	0,1785	0,3000	0,1785	0,3000	0,1785

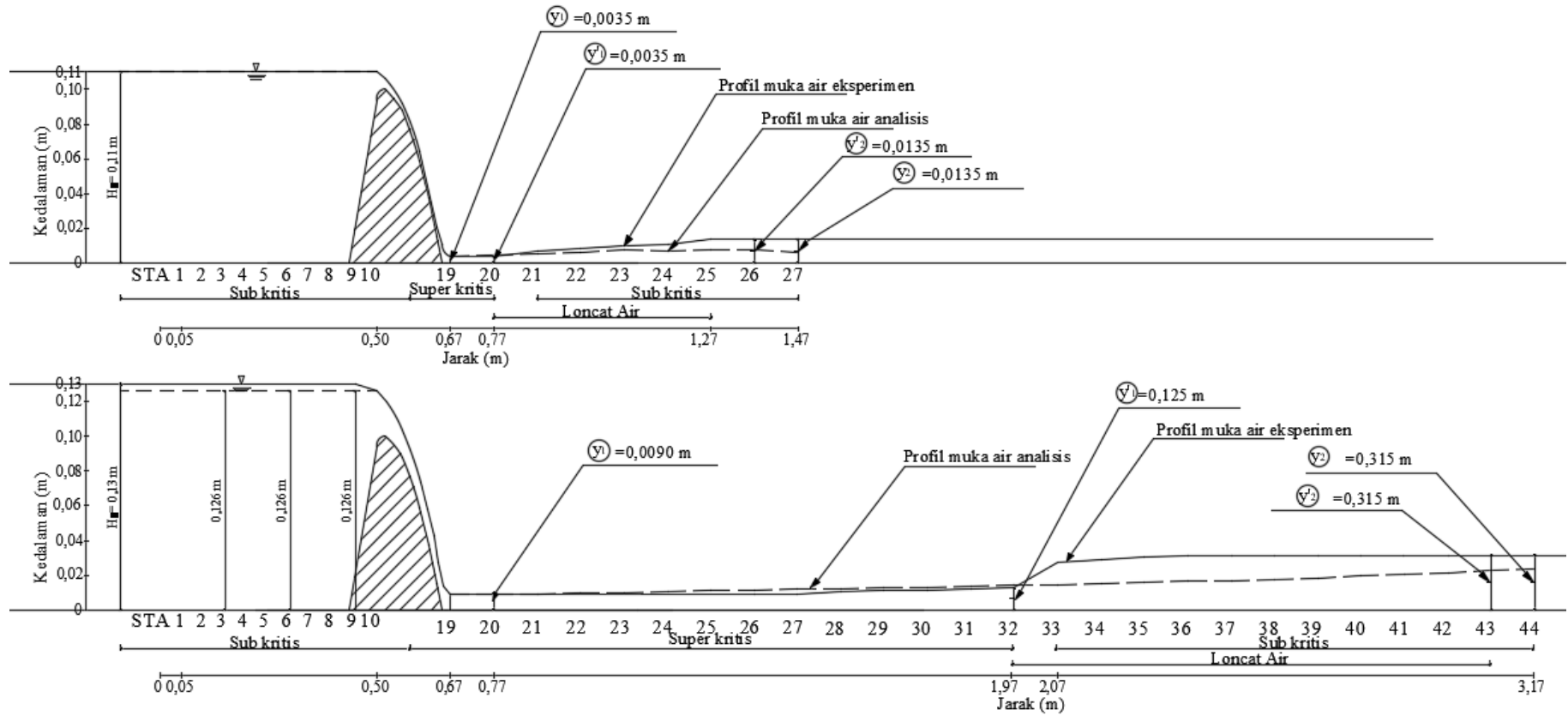
### 5. Profil Muka Air

Analisis profil muka air secara eksperimen dan analisis baik di bagian hulu maupun hilir didapatkan perbedaan antara tinggi muka air per-stasiunnya. Pada profil muka air hulu hasil analisis numerik terjadi penurunan kedalaman muka air tiap STA dari hulu sampai di atas mercu secara linier, karena dilakukan perhitungan secara matematis dan berulang-ulang dengan bantuan komputer. Sedangkan kedalaman muka air eksperimen mulai mengalami penurunan ketika aliran mendekati ambang yaitu pada STA 8 atau STA 9, karena adanya terjunan.


Pada profil muka air hilir hasil analisis numerik terjadi variasi muka air (naik-turun) di STA tertentu, sedangkan kedalaman muka air eksperimen mulai mengalami kenaikan ketika ada loncat air. Perbedaan profil muka air di hulu dan hilir bendung dapat dilihat di bawah pada gambar 5.15-5.18 dan data perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 2. Form Hasil Perhitungan



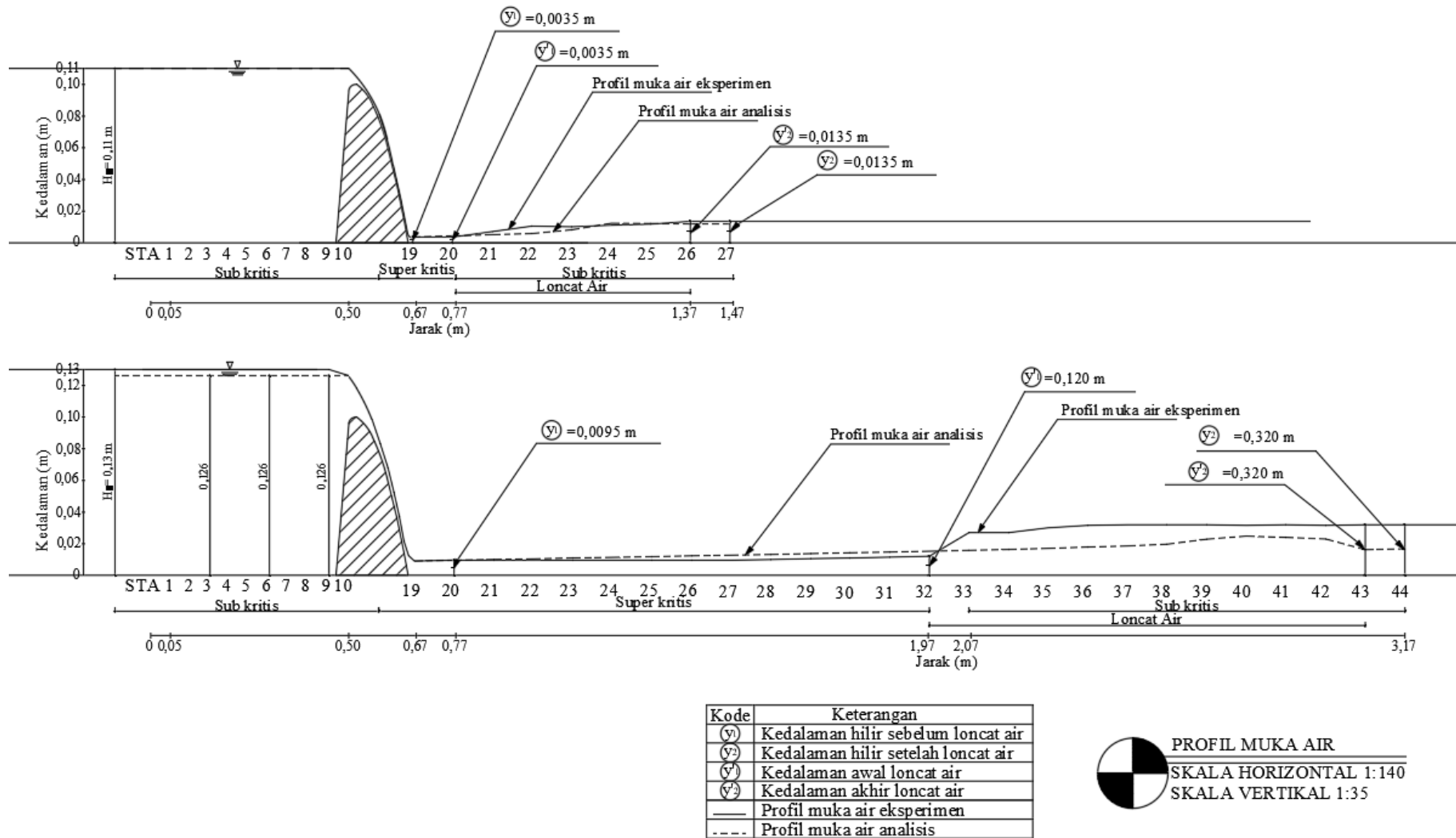
Gambar 5. 15 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 1 pada  $H_0 = 0,11\text{m}$  dan  $0,13\text{ m}$



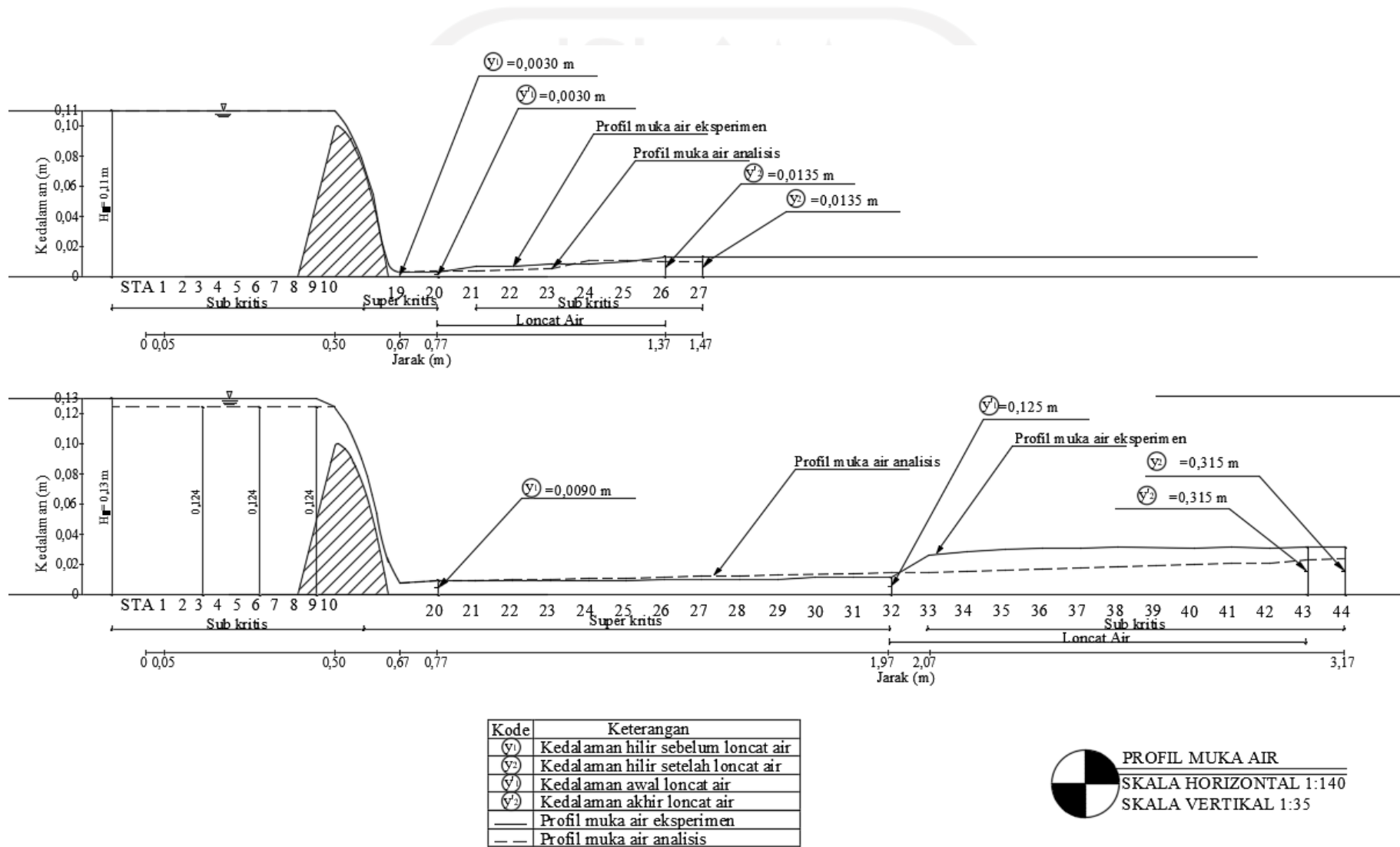
Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- - -	Profil muka air analisis


**PROFIL MUKA AIR**  
 SKALA HORIZONTAL 1:140  
 SKALA VERTIKAL 1:35

**Gambar 5. 16** Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 2 pada  $H_0 = 0,11\text{ m}$  dan  $0,13\text{ m}$



Gambar 5. 17 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 3 pada H<sub>0</sub> = 0,11m dan 0,13 m



Gambar 5. 18 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 4 pada H<sub>0</sub> = 0,11m dan 0,13 m

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium, analisis data, dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari percobaan yang dilakukan terdapat 2 jenis kecepatan, Kecepatan aliran berubah beraturan dan kecepatan berubah cepat. Kecepatan berubah beraturan terjadi di hulu bendung, di hilir bendung, sebelum dan sesudah loncat air. Sedangkan untuk kecepatan berubah cepat terjadi di terjunan atau di atas mercu bendung dan loncat air.
2. Analisis profil muka air secara analisis dan eksperimen baik di bagian hulu maupun hilir memiliki perbedaan antara tinggi muka air per-stasiunnya. Hal ini karena perhitungan analisis merupakan perhitungan yang penyelesaian secara matematis dengan cara operasi hitungan/aritmatik dan dilakukan secara berulang – ulang dengan bantuan komputer, sedangkan eksperimen yang dilakukan di Laboratorium merupakan pengukuran langsung sesuai dengan data lapangannya.

#### **6.2. Saran**

Berdasarkan pengalaman penyusun melakukan penelitian dan pengujian di Laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, terdapat beberapa kendala yang bisa dijadikan saran kepada peneliti yang ingin melakukan penelitian selanjutnya

1. Perlu dilakukan pengkondisian *flume* seperti kaki kaki *Hydraulic flume* agar kemiringan *flume* sesuai dan layak digunakan, mengukur lebar *flume* tiap pias karena tiap pias *flume* berbeda kelebarannya agar saat meletakkan ambang bisa sesuai dengan lebar *flume*
2. Pengujian dapat dilakukan dengan variasi model ambang yang lebih beragam, seperti variasi jenis ambang lebar.
3. Lebih teliti dalam mengukur tinggi-tinggi profil muka air tiap stasiun.

4. Persiapan atau pembuatan benda uji yang layak agar saat pengambilan data tidak terjadi kendala pada benda uji.



## Daftar Pustaka

- Anggrahini. (1997). *Hidrolika Saluran Terbuka*. CV.Dieta Pratama: Jakarta.
- Bahar, M. T. (2019). *Studi Pengaruh Kofigurasi Baffle Blocks Terhadap Peredaman Energi pada Konstruksi Bendung*. Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Chow, V. T. (1985). *Hidrolika Saluran Terbuka, (terjemahan) Open-Channel I*. (P. Erlangga, Ed.) Erlangga: Jakarta.
- Giles, R. V. (1986). *Mekanika Fluida dan Hidraulika*. Erlangga: Jakarta.
- Gumilar, F. D. (2018). *Pengaruh Bentuk Bagian Hilir Ambang terhadap Profil Muka Air*. Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta.
- Kurniawan, M. A. (2015). *Analisis Profil Muka Air Banjir di Sungai Kedukan dalam DAS Boang Kota Palembang dengan Bantuan HEC-RAS*. Tugas Akhir Universitas Sriwijaya: Indonesia.
- Nugroho, F. A. (2018). *Pengaruh Penempatan Baffle Blocks Tipe Setengah Slinder terhadap Reduksi Panjang Loncatan Air dan Energi Aliran pada Pengalir Bendung Tipe Ogee*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- Pengairan, D. (2013). *Kriteria Perencanaan Bendung Irigasi (KP 02)*. Galang Persada.: Bandung.
- Pengairan, D. (2013). *Kriteria Perencanaan Bendung Irigasi (KP 04)*. Galang Persada: Bandung.
- Permana, R. R. (2020). *Analisis Aliran Berubah Lambat Laun pada Saluran Terbuka dengan Beberapa Kemiringan dan Bangunan Air*. Tugas Akhir Institut Teknologi Nasional Bandung: Bandung.
- Raju, K. R. (1986). *Aliran Melalui Saluran Terbuka, (terjemahan) Flow Throught Open Channels*. Erlangga: Jakarta.
- Sainuddin, M. H. ((2020). *Pengaruh Bentuk Mercu Bendung Tipe Ogee terhadap Gerusan di Hilir Peredam Energi USBR III*. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Makassar: Makassar.

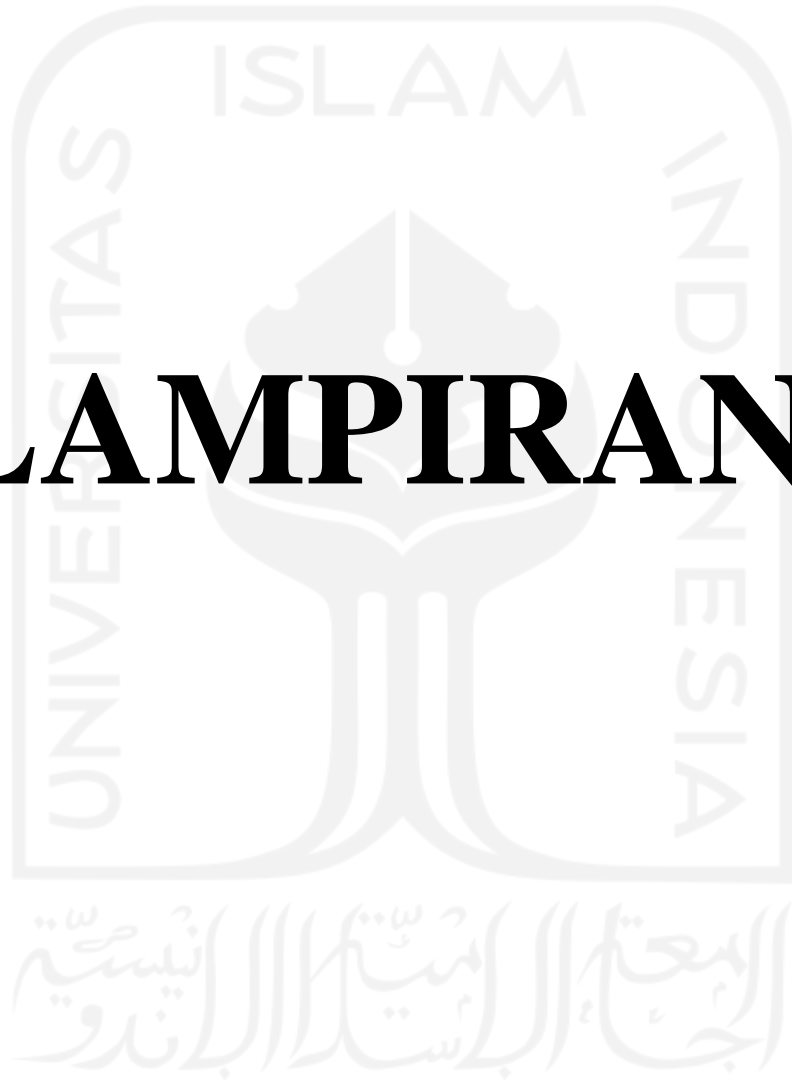


Triatmodjo, B. (2012). *Hidrolika I*. Beta Offset: Yogyakarta.

Triatmodjo, B. (2015). *Hidrolika II*. Beta Offset: Yogyakarta.



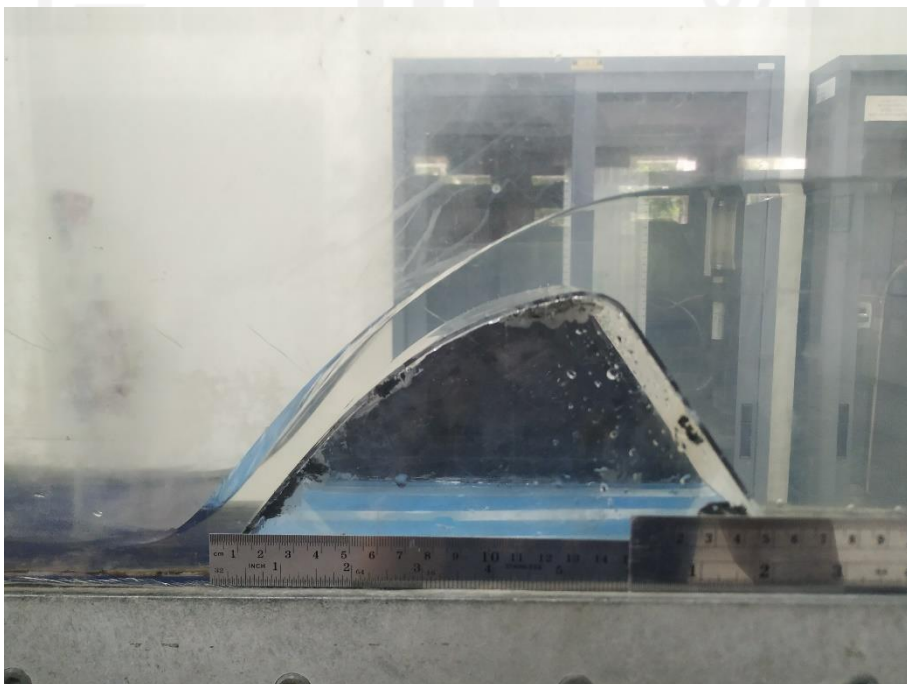
# LAMPIRAN 1



Lampiran 1. Gambar Ambang Mercu Ogee



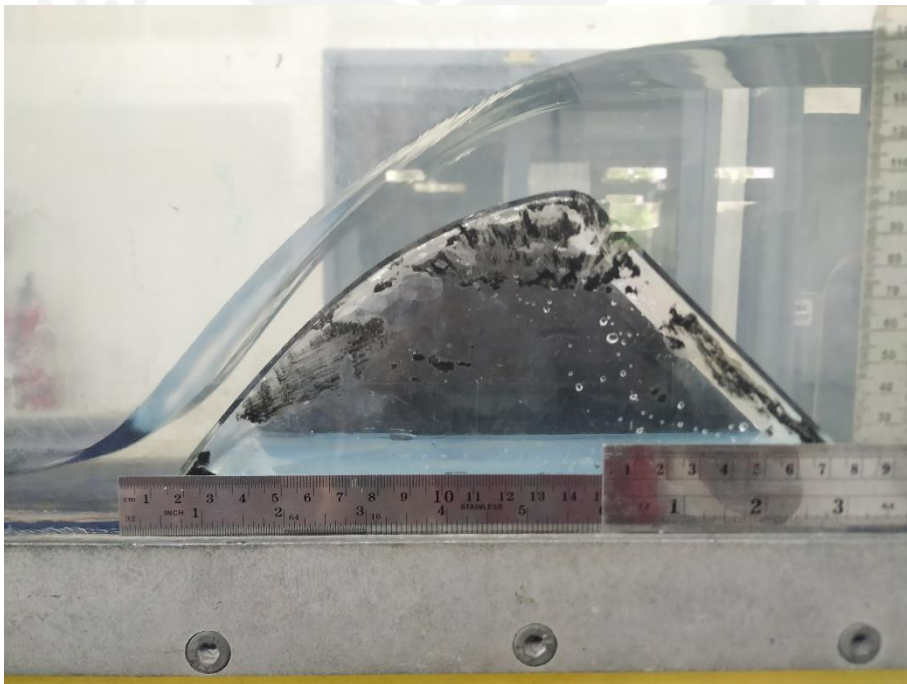
**Gambar L-1. 1 Pengujian Model Mercu Ogee 1**



**Gambar L-1. 2 Pengujian Model Mercu Ogee 2**

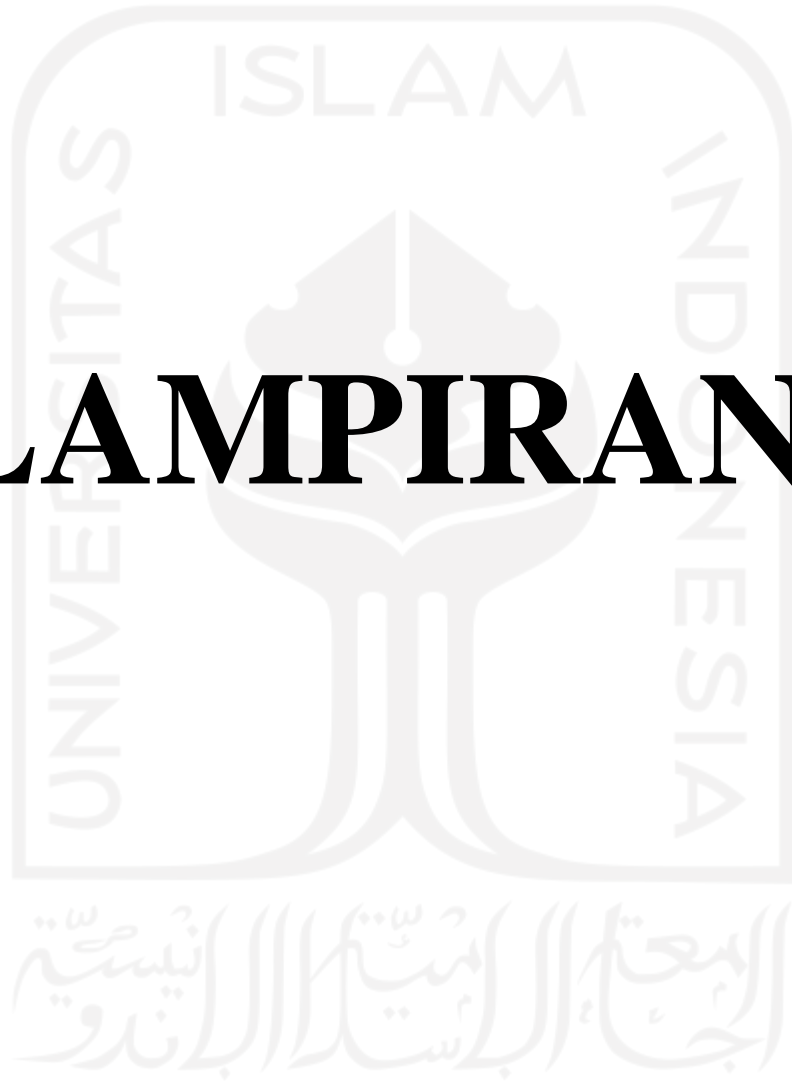


**Gambar L-1. 3 Pengujian Model Mercu Ogee 3**



**Gambar L-1. 4 Pengujian Model Mercu Ogee 4**

# LAMPIRAN 2



## Lampiran 2. Form Hasil Perhitungan

**Tabel L-2.1 Data Hasil Analisis Kecepatan Aliran dan Angka Froude pada  $H_0 = 0,11$  m**

H <sub>0</sub> = 0,11 m												
STA	Mercu Ogee 1			Mercu Ogee 2			Mercu Ogee 3			Mercu Ogee 4		
	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr
1	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
2	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
3	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
4	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
5	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
6	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
7	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
8	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
9	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
10	0,1100	0,0170115	0,0163761	0,1100	0,0175	0,0168	0,1100	0,0173	0,0167	0,1100	0,0176	0,0169
11	0,1065	0,2878865	0,2816515	0,1045	0,4275	0,4222	0,1060	0,3173	0,3112	0,1035	0,4303	0,4270
12	0,1010	0,3742525	0,3759841	0,0990	0,4809	0,4880	0,0995	0,4231	0,4283	0,0955	0,5532	0,5715
13	0,0930	0,4678156	0,4897774	0,0910	0,4809	0,5090	0,0910	0,4760	0,5038	0,0850	0,6454	0,7068
14	0,0830	0,4678156	0,5184432	0,0785	0,5496	0,6263	0,0780	0,6347	0,7256	0,0700	0,6454	0,7788
15	0,0670	0,6237541	0,7693811	0,0600	0,6412	0,8358	0,0610	0,6347	0,8205	0,0510	0,6454	0,9124
16	0,0470	0,6237541	0,9186075	0,0400	0,6412	1,0237	0,0410	0,6347	1,0008	0,0290	0,6454	1,2100
17	0,0235	0,7485049	1,5589287	0,0155	0,5496	1,4095	0,0170	0,6347	1,5542	0,0090	0,4840	1,6290
18	0,0035	0,5346464	2,8853474	0,0035	0,5496	2,9662	0,0035	0,5440	2,9359	0,0030	0,6454	3,7620
19	0,0035	0,5346464	2,8853474	0,0035	0,5496	2,9662	0,0035	0,5440	2,9359	0,0030	0,6454	3,7620
20	0,0035	0,5346464	2,8853474	0,0035	0,5496	2,9662	0,0035	0,5440	2,9359	0,0030	0,6454	3,7620
21	0,0075	0,2495016	0,9198315	0,0070	0,2748	1,0487	0,0070	0,2720	1,0380	0,0070	0,2766	1,0555
22	0,0090	0,207918	0,6997395	0,0080	0,2405	0,8584	0,0085	0,2240	0,7757	0,0075	0,2582	0,9517
23	0,0100	0,1871262	0,5974481	0,0100	0,1924	0,6142	0,0100	0,1904	0,6079	0,0085	0,2278	0,7888
24	0,0100	0,1871262	0,5974481	0,0110	0,1749	0,5324	0,0110	0,1731	0,5269	0,0090	0,2151	0,7240
25	0,0130	0,1439433	0,4030743	0,0135	0,1425	0,3916	0,0115	0,1656	0,4929	0,0100	0,1936	0,6182
26	0,0130	0,1439433	0,4030743	0,0135	0,1425	0,3916	0,0135	0,1410	0,3876	0,0135	0,1434	0,3941
27	0,0130	0,1439433	0,4030743	0,0135	0,1425	0,3916	0,0135	0,1410	0,3876	0,0135	0,1434	0,3941











**Tabel L-2. 5 Data Hasil Analisis Kecepatan Aliran dan Angka Froude pada  $H_0 = 0,15$  m**

H <sub>0</sub> = 0,15 m												
STA	Mercu Ogee 1			Mercu Ogee 2			Mercu Ogee 3			Mercu Ogee 4		
	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr	Kedalaman (m)	v (m/d)	Fr
1	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
2	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
3	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
4	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
5	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
6	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
7	0,1500	0,1476	0,1217	0,1500	0,1531	0,1262	0,1500	0,1505	0,1241	0,1500	0,1549	0,1277
8	0,1500	0,1476	0,1217	0,1485	0,1547	0,1282	0,1500	0,1505	0,1241	0,1485	0,1565	0,1297
9	0,1480	0,1496	0,1242	0,1465	0,1568	0,1308	0,1475	0,1530	0,1272	0,1470	0,1581	0,1316
10	0,1430	0,1548	0,1307	0,1410	0,1629	0,1385	0,1420	0,1590	0,1347	0,1405	0,1654	0,1409
11	0,1380	0,5827	0,5008	0,1345	0,6658	0,5797	0,1365	0,6185	0,5345	0,1350	0,6455	0,5609
12	0,1300	0,6512	0,5766	0,1255	0,7532	0,6788	0,1275	0,6946	0,6211	0,1250	0,7042	0,6359
13	0,1205	0,7029	0,6465	0,1150	0,8204	0,7724	0,1160	0,7784	0,7297	0,1125	0,7619	0,7253
14	0,1050	0,8516	0,8391	0,1010	0,8835	0,8876	0,1020	0,8361	0,8358	0,0960	0,8013	0,8257
15	0,0900	0,8516	0,9063	0,0825	0,9008	1,0013	0,0840	0,8682	0,9564	0,0760	0,8299	0,9612
16	0,0700	0,8516	1,0276	0,0605	0,9775	1,2688	0,0640	0,8682	1,0957	0,0550	0,8013	1,0909
17	0,0455	0,9037	1,3527	0,0325	1,1205	1,9845	0,0385	0,9214	1,4992	0,0290	0,9683	1,8153
18	0,0205	1,0800	2,4084	0,0190	1,2090	2,8004	0,0190	1,1881	2,7519	0,0175	1,3279	3,2049
19	0,0180	1,2300	2,9272	0,0175	1,3126	3,1681	0,0175	1,2899	3,1132	0,0165	1,4084	3,5006
20	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
21	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
22	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
23	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
24	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
25	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
26	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0170	1,3670	3,3473
27	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0180	1,2541	2,9844	0,0180	1,2910	3,0723
28	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0185	1,2202	2,8642	0,0190	1,2231	2,8330
29	0,0185	1,1968	2,8093	0,0180	1,2762	3,0370	0,0185	1,2202	2,8642	0,0200	1,1619	2,6232
30	0,0185	1,1968	2,8093	0,0185	1,2417	2,9147	0,0185	1,2202	2,8642	0,0200	1,1619	2,6232
31	0,0185	1,1968	2,8093	0,0185	1,2417	2,9147	0,0200	1,1287	2,5481	0,0200	1,1619	2,6232
32	0,0185	1,1968	2,8093	0,0190	1,2090	2,8004	0,0210	1,0749	2,3683	0,0200	1,1619	2,6232
33	0,0185	1,1968	2,8093	0,0200	1,1486	2,5930	0,0210	1,0749	2,3683	0,0200	1,1619	2,6232
34	0,0185	1,1968	2,8093	0,0210	1,0939	2,4100	0,0215	1,0499	2,2862	0,0205	1,1336	2,5278
35	0,0200	1,1070	2,4993	0,0215	1,0684	2,3264	0,0215	1,0499	2,2862	0,0215	1,0809	2,5353
36	0,0200	1,1070	2,4993	0,0220	1,0441	2,2476	0,0240	0,9406	1,9384	0,0225	1,0328	2,1983
37	0,0210	1,0543	2,3229	0,0230	0,9988	2,1026	0,0250	0,9029	1,8233	0,0235	0,9889	2,0595
38	0,0220	1,0064	2,1663	0,0245	0,9376	1,9125	0,0260	0,8682	1,7191	0,0260	0,8938	1,7697
39	0,0230	0,9626	2,0266	0,0255	0,9008	1,8011	0,0270	0,8361	1,6245	0,0260	0,8938	1,7697
40	0,0240	0,9225	1,9013	0,0265	0,8668	1,7001	0,0275	0,8209	1,5804	0,0280	0,8299	1,5836
41	0,0240	0,9225	1,9013	0,0270	0,8508	1,6531	0,0280	0,8062	1,5383	0,0280	0,8299	1,5836
42	0,0250	0,8856	1,7883	0,0280	0,8204	1,5654	0,0290	0,7784	1,4594	0,0290	0,8013	1,5024
43	0,0265	0,8355	1,6387	0,0290	0,7921	1,4851	0,0295	0,7652	1,4224	0,0290	0,8013	1,5024
44	0,0275	0,8051	1,5501	0,0300	0,7657	1,4115	0,0305	0,7401	1,3531	0,0310	0,7496	1,3593
45	0,0285	0,7769	1,4692	0,0305	0,7532	1,3769	0,0320	0,7054	1,2590	0,0325	0,7150	1,2663
46	0,0305	0,7259	1,3271	0,0310	0,7410	1,3437	0,0320	0,7054	1,2590	0,0325	0,7150	1,2663
47	0,0320	0,6919	1,2349	0,0310	0,7410	1,3437	0,0325	0,6946	1,2301	0,0335	0,6937	1,2100
48	0,0325	0,6813	1,2065	0,0310	0,7410	1,3437	0,0325	0,6946	1,2301	0,0340	0,6835	1,1835
49	0,0325	0,6813	1,2065	0,0320	0,7179	1,2812	0,0330	0,6841	1,2023	0,0345	0,6736	1,1578
50	0,0325	0,6813	1,2065	0,0320	0,7179	1,2812	0,0335	0,6738	1,1754	0,0355	0,6546	1,1092
51	0,0325	0,6813	1,2065	0,0325	0,7068	1,2518	0,0335	0,6738	1,1754	0,0365	0,6367	1,0640
52	0,0325	0,6813	1,2065	0,0330	0,6961	1,2234	0,0335	0,6738	1,1754	0,0365	0,6367	1,0640
53	0,0330	0,6709	1,1792	0,0335	0,6857	1,1961	0,0335	0,6738	1,1754	0,0410	0,5668	0,8937
54	0,0340	0,6512	1,1276	0,0345	0,6658	1,1445	0,0355	0,6359	1,0775	0,0415	0,5600	0,8776
55	0,0340	0,6512	1,1276	0,0415	0,5535	0,8675	0,0425	0,5311	0,8226	0,0425	0,5468	0,8468
56	0,0435	0,5090	0,7792	0,0425	0,5405	0,8371	0,0430	0,5250	0,8083	0,0425	0,5468	0,8468
57	0,0440	0,5032	0,7659	0,0435	0,5281	0,8084	0,0435	0,5189	0,7944	0,0425	0,5468	0,8468
58	0,0445	0,4975	0,7530	0,0435	0,5281	0,8084	0,0435	0,5189	0,7944	0,0425	0,5468	0,8468
59	0,0445	0,4975	0,7530	0,0435	0,5281	0,8084	0,0435	0,5189	0,7944			

**Tabel L-2. 6 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,11 m**

Mercu Ogee 1										
(H <sub>0</sub> ) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,11	1	0,05	0,1100	0,1100003	0,0000003	0,000187	0,0170	0,0164	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0170	0,0164	subkritik	
	3	0,15	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0170	0,0164	subkritik	
	4	0,20	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0170	0,0164	subkritik	
	5	0,25	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0170	0,0164	subkritik	
	6	0,30	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0170	0,0164	subkritik	
	7	0,35	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0170	0,0164	subkritik	
	8	0,40	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0170	0,0164	subkritik	
	9	0,45	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0170	0,0164	subkritik	
	10	0,50	0,1100	0,1100000	0,0000000		0,0170	0,0164	subkritik	
	11	0,52	0,1065				0,2879	0,2817	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1010				0,3743	0,3760	subkritik	
	13	0,56	0,0930				0,4678	0,4898	subkritik	
	14	0,58	0,0830				0,4678	0,5184	subkritik	
	15	0,60	0,0670				0,6238	0,7694	subkritik	
	16	0,62	0,0470				0,6238	0,9186	subkritik	
	17	0,64	0,0235				0,7485	1,5589	superkritik	
	18	0,66	0,0035				0,5346	2,8853	superkritik	
	19	0,67	0,0035	0,0035000	0,0000000		0,5346	2,8853	superkritik	
	20	0,77	0,0035	0,0042901	0,0007901		0,5346	2,8853	superkritik	
	21	0,87	0,0075	0,0051268	0,0023732		0,2495	0,9198	subkritik	
	22	0,97	0,0090	0,0062880	0,0027120		0,2079	0,6997	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	23	1,07	0,0100	0,0066265	0,0033735		0,1871	0,5974	subkritik	
	24	1,17	0,0100	0,0078695	0,0021305		0,1871	0,5974	subkritik	
	25	1,27	0,0130	0,0083683	0,0046317		0,1439	0,4031	subkritik	
	26	1,37	0,0130	0,0069412	0,0060588		0,1439	0,4031	subkritik	
	27	1,47	0,0130	0,0109958	0,0020042		0,1439	0,4031	subkritik	

**Tabel L-2. 7 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,12 m**

Mercu Ogee 1										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,12	1	0,05	0,1200	0,1190015	0,0009985	0,000473	0,0394	0,0363	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1200	0,1190014	0,0009986		0,0394	0,0363	subkritis	
	3	0,15	0,1200	0,1190012	0,0009988		0,0394	0,0363	subkritis	
	4	0,20	0,1200	0,1190011	0,0009989		0,0394	0,0363	subkritis	
	5	0,25	0,1200	0,1190010	0,0009990		0,0394	0,0363	subkritis	
	6	0,30	0,1200	0,1190008	0,0009992		0,0394	0,0363	subkritis	
	7	0,35	0,1200	0,1190007	0,0009993		0,0394	0,0363	subkritis	
	8	0,40	0,1200	0,1190005	0,0009995		0,0394	0,0363	subkritis	
	9	0,45	0,1200	0,1190004	0,0009996		0,0394	0,0363	subkritis	
	10	0,50	0,1180	0,1190000	0,0010000		0,0401	0,0373	subkritis	
	11	0,52	0,1140				0,3380	0,3196	subkritis	
	12	0,54	0,1080				0,3943	0,3831	subkritis	
	13	0,56	0,0985				0,4981	0,5067	subkritis	
	14	0,58	0,0860				0,6760	0,7360	subkritis	
	15	0,60	0,0700				0,7887	0,9517	subkritis	
	16	0,62	0,0490				0,9464	1,3650	superkritis	
	17	0,64	0,0270				0,7887	1,5324	superkritis	
	18	0,66	0,0070				0,6760	2,5797	superkritis	
	19	0,67	0,0060	0,0060000	0,0000000		0,7887	3,2507	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0060	0,0066464	0,0006464		0,7887	3,2507	superkritis	
	21	0,87	0,0060	0,0072500	0,0012500		0,7887	3,2507	superkritis	
	22	0,97	0,0060	0,0078675	0,0018675		0,7887	3,2507	superkritis	
	23	1,07	0,0060	0,0085097	0,0025097		0,7887	3,2507	superkritis	
	24	1,17	0,0065	0,0091926	0,0026926		0,7280	2,8830	superkritis	
	25	1,27	0,0070	0,0099451	0,0029451		0,6760	2,5797	superkritis	
	26	1,37	0,0075	0,0108331	0,0033331		0,6309	2,3260	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	27	1,47	0,0170	0,0121191	0,0048809		0,2784	0,6816	subkritis	
	28	1,57	0,0170	0,0121540	0,0048460		0,2784	0,6816	subkritis	
	29	1,67	0,0175	0,0123160	0,0051840		0,2704	0,6526	subkritis	
	30	1,77	0,0180	0,0129574	0,0050426		0,2629	0,6256	subkritis	
	31	1,87	0,0185	0,0173613	0,0011387		0,2558	0,6004	subkritis	
	32	1,97	0,0195	0,0170531	0,0024469		0,2427	0,5548	subkritis	
	33	2,07	0,0200	0,0167081	0,0032919		0,2366	0,5341	subkritis	
	34	2,17	0,0210	0,0163122	0,0046878		0,2253	0,4965	subkritis	
	35	2,27	0,0220	0,0158394	0,0061606		0,2151	0,4630	subkritis	
	36	2,37	0,0230	0,0152310	0,0077690		0,2057	0,4331	subkritis	
	37	2,47	0,0240	0,0142750	0,0097250		0,1972	0,4063	subkritis	
	38	2,57	0,0240	0,0161292	0,0078708		0,1972	0,4063	subkritis	
	39	2,67	0,0240	0,0156112	0,0083888		0,1972	0,4063	subkritis	

**Tabel L-2. 8 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,13 m**

Mercu Ogee 1										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,13	1	0,05	0,1300	0,1264978	0,0035022	0,000964	0,0742	0,0657	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1300	0,1264982	0,0035018		0,0742	0,0657	subkritik	
	3	0,15	0,1300	0,1264987	0,0035013		0,0742	0,0657	subkritik	
	4	0,20	0,1300	0,1264992	0,0035008		0,0742	0,0657	subkritik	
	5	0,25	0,1300	0,1264996	0,0035004		0,0742	0,0657	subkritik	
	6	0,30	0,1300	0,1265001	0,0034999		0,0742	0,0657	subkritik	
	7	0,35	0,1300	0,1265005	0,0034995		0,0742	0,0657	subkritik	
	8	0,40	0,1300	0,1265010	0,0034990		0,0742	0,0657	subkritik	
	9	0,45	0,1300	0,1265015	0,0034985		0,0742	0,0657	subkritik	
	10	0,50	0,1265	0,1265000	0,0000000		0,0762	0,0684	subkritik	
	11	0,52	0,1215				0,4484	0,4107	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1145				0,5211	0,4917	subkritik	
	13	0,56	0,1040				0,6427	0,6363	subkritik	
	14	0,58	0,0945				0,6220	0,6460	subkritik	
	15	0,60	0,0775				0,7141	0,8190	subkritik	
	16	0,62	0,0555				0,8383	1,1362	superkritik	
	17	0,64	0,0350				0,6886	1,1752	superkritik	
	18	0,66	0,0110				0,8764	2,6680	superkritik	
	19	0,67	0,0085	0,0085000	0,0000000		1,1342	3,9278	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0100	0,0090720	0,0009280		0,9641	3,0781	superkritik	
	21	0,87	0,0100	0,0095819	0,0004181		0,9641	3,0781	superkritik	
	22	0,97	0,0100	0,0100911	0,0000911		0,9641	3,0781	superkritik	
	23	1,07	0,0100	0,0106011	0,0006011		0,9641	3,0781	superkritik	
	24	1,17	0,0100	0,0111135	0,0011135		0,9641	3,0781	superkritik	
	25	1,27	0,0100	0,0116301	0,0016301		0,9641	3,0781	superkritik	
	26	1,37	0,0100	0,0121529	0,0021529		0,9641	3,0781	superkritik	
	27	1,47	0,0100	0,0126841	0,0026841		0,9641	3,0781	superkritik	
	28	1,57	0,0100	0,0132265	0,0032265		0,9641	3,0781	superkritik	
	29	1,67	0,0100	0,0137835	0,0037835		0,9641	3,0781	superkritik	
	30	1,77	0,0110	0,0143595	0,0033595		0,8764	2,6680	superkritik	
	31	1,87	0,0115	0,0149605	0,0034605		0,8383	2,4959	superkritik	
	32	1,97	0,0120	0,0155951	0,0035951		0,8034	2,3416	superkritik	
	33	2,07	0,0125	0,0162764	0,0037764		0,7713	2,2025	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	34	2,17	0,0275	0,0170270	0,0104730		0,3506	0,6750	subkritik	
	35	2,27	0,0285	0,0178916	0,0106084		0,3383	0,6398	subkritik	
	36	2,37	0,0290	0,0189923	0,0100077		0,3324	0,6233	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	37	2,47	0,0300	0,0212265	0,0087735		0,3214	0,5924	subkritik	
	38	2,57	0,0325	#NUM!	#NUM!		0,2966	0,5254	subkritik	
	39	2,67	0,0325	#NUM!	#NUM!		0,2966	0,5254	subkritik	
	40	2,77	0,0325	#NUM!	#NUM!		0,2966	0,5254	subkritik	

**Tabel L-2. 9 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,14 m**

Mercu Ogee 1										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,14	1	0,05	0,1400	0,1345099	0,0054901	0,001466	0,1047	0,0893	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1400	0,1345090	0,0054910		0,1047	0,0893	subkritik	
	3	0,15	0,1400	0,1345081	0,0054919		0,1047	0,0893	subkritik	
	4	0,20	0,1400	0,1345073	0,0054927		0,1047	0,0893	subkritik	
	5	0,25	0,1400	0,1345064	0,0054936		0,1047	0,0893	subkritik	
	6	0,30	0,1400	0,1345055	0,0054945		0,1047	0,0893	subkritik	
	7	0,35	0,1400	0,1345047	0,0054953		0,1047	0,0893	subkritik	
	8	0,40	0,1400	0,1345038	0,0054962		0,1047	0,0893	subkritik	
	9	0,45	0,1400	0,1345029	0,0054971		0,1047	0,0893	subkritik	
	10	0,50	0,1345	0,1345000	0,0000000		0,1090	0,0949	subkritik	
	11	0,52	0,1300				0,4886	0,4326	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1220				0,5637	0,5153	subkritik	
	13	0,56	0,1110				0,6662	0,6385	subkritik	
	14	0,58	0,0985				0,7517	0,7647	subkritik	
	15	0,60	0,0810				0,8622	0,9672	subkritik	
	16	0,62	0,0635				0,7517	0,9524	subkritik	
	17	0,64	0,0395				0,7923	1,2728	superkritik	
	18	0,66	0,0170				0,8622	2,1113	superkritik	
	19	0,67	0,0155	0,015500	0,0000000		0,9456	2,4251	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0160	0,016080	0,0000802		0,9161	2,3123	superkritik	
	21	0,87	0,0160	0,016563	0,0005628		0,9161	2,3123	superkritik	
	22	0,97	0,0160	0,017052	0,0010520		0,9161	2,3123	superkritik	
	23	1,07	0,0160	0,017549	0,0015488		0,9161	2,3123	superkritik	
	24	1,17	0,0160	0,018055	0,0020551		0,9161	2,3123	superkritik	
	25	1,27	0,0160	0,018572	0,0025725		0,9161	2,3123	superkritik	
	26	1,37	0,0160	0,019103	0,0031033		0,9161	2,3123	superkritik	
	27	1,47	0,0160	0,019650	0,0036505		0,9161	2,3123	superkritik	
	28	1,57	0,0160	0,020218	0,0042176		0,9161	2,3123	superkritik	
	29	1,67	0,0160	0,020809	0,0048094		0,9161	2,3123	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	30	1,77	0,0160	0,021433	0,0054327		0,9161	2,3123	superkritik	
	31	1,87	0,0160	0,022097	0,0060971		0,9161	2,3123	superkritik	
	32	1,97	0,0160	0,022818	0,0068179		0,9161	2,3123	superkritik	
	33	2,07	0,0160	0,023622	0,0076217		0,9161	2,3123	superkritik	
	34	2,17	0,0160	0,024563	0,0085628		0,9161	2,3123	superkritik	
	35	2,27	0,0165	0,025798	0,0092980		0,8883	2,2080	superkritik	
	36	2,37	0,0170	0,028984	0,0119842		0,8622	2,1113	superkritik	
	37	2,47	0,0180	0,028448	0,0104476		0,8143	1,9378	superkritik	
	38	2,57	0,0200	0,025658	0,0056584		0,7329	1,6545	superkritik	
	39	2,67	0,0205	0,028202	0,0077018		0,7150	1,5944	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	40	2,77	0,0210	0,021782	0,0007817		0,6980	1,5378	superkritik	
	41	2,87	0,0220	0,022474	0,0004738		0,6662	1,4341	superkritik	
	42	2,97	0,0230	0,023235	0,0002345		0,6373	1,3416	superkritik	
	43	3,07	0,0245	0,024102	0,0003984		0,5983	1,2203	superkritik	
	44	3,17	0,0350	0,025165	0,0098349		0,4188	0,7147	subkritik	
	45	3,27	0,0350	0,026807	0,0081927		0,4188	0,7147	subkritik	
	46	3,37	0,0360	0,027268	0,0087324		0,4071	0,6851	subkritik	
	47	3,47	0,0370	0,029117	0,0078827		0,3961	0,6575	subkritik	
	48	3,57	0,0375	0,029042	0,0084581		0,3909	0,6444	subkritik	
	49	3,67	0,0375	0,028696	0,0088042		0,3909	0,6444	subkritik	
	50	3,77	0,0375	0,027199	0,0103008		0,3909	0,6444	subkritik	



**Tabel L-2. 10 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 1										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	1	0,05	0,1500	0,1430188	0,0069812	0,002214	0,1476	0,1217	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1500	0,1430172	0,0069828		0,1476	0,1217	subkritik	
	3	0,15	0,1500	0,1430155	0,0069845		0,1476	0,1217	subkritik	
	4	0,20	0,1500	0,1430139	0,0069861		0,1476	0,1217	subkritik	
	5	0,25	0,1500	0,1430123	0,0069877		0,1476	0,1217	subkritik	
	6	0,30	0,1500	0,1430106	0,0069894		0,1476	0,1217	subkritik	
	7	0,35	0,1500	0,1430090	0,0069910		0,1476	0,1217	subkritik	
	8	0,40	0,1500	0,1430074	0,0069926		0,1476	0,1217	subkritik	
	9	0,45	0,1480	0,1430058	0,0049942		0,1496	0,1242	subkritik	
	10	0,50	0,1430	0,1430000	0,0000000		0,1548	0,1307	subkritik	
	11	0,52	0,1380				0,5827	0,5008	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1300				0,6512	0,5766	subkritik	
	13	0,56	0,1205				0,7029	0,6465	subkritik	
	14	0,58	0,1050				0,8516	0,8391	subkritik	
	15	0,60	0,0900				0,8516	0,9063	subkritik	
	16	0,62	0,0700				0,8516	1,0276	superkritik	
	17	0,64	0,0455				0,9037	1,3527	superkritik	
	18	0,66	0,0205				1,0800	2,4084	superkritik	
	19	0,67	0,0180	0,0180000	0,0000000		1,2300	2,9272	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0185	0,0185318	0,0000318		1,1968	2,8093	superkritik	
	21	0,87	0,0185	0,0189572	0,0004572		1,1968	2,8093	superkritik	
	22	0,97	0,0185	0,0193840	0,0008840		1,1968	2,8093	superkritik	
	23	1,07	0,0185	0,0198124	0,0013124		1,1968	2,8093	superkritik	
	24	1,17	0,0185	0,0202429	0,0017429		1,1968	2,8093	superkritik	
	25	1,27	0,0185	0,0206758	0,0021758		1,1968	2,8093	superkritik	
	26	1,37	0,0185	0,0211115	0,0026115		1,1968	2,8093	superkritik	
	27	1,47	0,0185	0,0215505	0,0030505		1,1968	2,8093	superkritik	
	28	1,57	0,0185	0,0219934	0,0034934		1,1968	2,8093	superkritik	
	29	1,67	0,0185	0,0224405	0,0039405		1,1968	2,8093	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	30	1,77	0,0185	0,0228925	0,0043925		1,1968	2,8093	superkritik	
	31	1,87	0,0185	0,0233501	0,0048501		1,1968	2,8093	superkritik	
	32	1,97	0,0185	0,0238140	0,0053140		1,1968	2,8093	superkritik	
	33	2,07	0,0185	0,0242850	0,0057850		1,1968	2,8093	superkritik	
	34	2,17	0,0185	0,0247641	0,0062641		1,1968	2,8093	superkritik	
	35	2,27	0,0200	0,0252525	0,0052525		1,1070	2,4993	superkritik	
	36	2,37	0,0200	0,0257514	0,0057514		1,1070	2,4993	superkritik	
	37	2,47	0,0210	0,0262625	0,0052625		1,0543	2,3229	superkritik	
	38	2,57	0,0220	0,0267877	0,0047877		1,0064	2,1663	superkritik	
	39	2,67	0,0230	0,0273292	0,0043292		0,9626	2,0266	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	40	2,77	0,0240	0,0278901	0,0038901		0,9225	1,9013	superkritik	
	41	2,87	0,0240	0,0284742	0,0044742		0,9225	1,9013	superkritik	
	42	2,97	0,0250	0,0290866	0,0040866		0,8856	1,7883	superkritik	
	43	3,07	0,0265	0,0297343	0,0032343		0,8355	1,6387	superkritik	
	44	3,17	0,0275	0,0304274	0,0029274		0,8051	1,5501	superkritik	
	45	3,27	0,0285	0,0311820	0,0026820		0,7769	1,4692	superkritik	
	46	3,37	0,0305	0,0320251	0,0015251		0,7259	1,3271	superkritik	
	47	3,47	0,0320	0,0330115	0,0010115		0,6919	1,2349	superkritik	
	48	3,57	0,0325	0,0342907	0,0017907		0,6813	1,2065	superkritik	
	49	3,67	0,0325	0,0369882	0,0044882		0,6813	1,2065	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	50	3,77	0,0325	0,0255874	0,0069126		0,6813	1,2065	superkritik	

**Lanjutan Tabel L-2.10 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 1 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 1										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	51	3,87	0,0325	0,0260944	0,0064056	0,000192	0,6813	1,2065	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	52	3,97	0,0325	0,0266147	0,0058853		0,6813	1,2065	superkritik	
	53	4,07	0,0330	0,0271506	0,0058494		0,6709	1,1792	superkritik	
	54	4,17	0,0340	0,0277048	0,0062952		0,6512	1,1276	superkritik	
	55	4,27	0,0340	0,0282808	0,0057192		0,6512	1,1276	superkritik	
	56	4,37	0,0435	0,0288833	0,0146167		0,5090	0,7792	subkritik	
	57	4,47	0,0440	0,0295186	0,0144814		0,5032	0,7659	subkritik	
	58	4,57	0,0445	0,0301955	0,0143045		0,4975	0,7530	subkritik	
	59	4,67	0,0445	0,0309277	0,0135723		0,4975	0,7530	subkritik	
	60	4,77	0,0445	0,0317378	0,0127622		0,4975	0,7530	subkritik	

**Tabel L-2. 11 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,11 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,11	1	0,05	0,1100	0,1100003	0,0000003	0,000192	0,0175	0,0168	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0175	0,0168	subkritik	
	3	0,15	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0175	0,0168	subkritik	
	4	0,20	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0175	0,0168	subkritik	
	5	0,25	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0175	0,0168	subkritik	
	6	0,30	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0175	0,0168	subkritik	
	7	0,35	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0175	0,0168	subkritik	
	8	0,40	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0175	0,0168	subkritik	
	9	0,45	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0175	0,0168	subkritik	
	10	0,50	0,1100	0,1100000	0,0000000		0,0175	0,0168	subkritik	
	11	0,52	0,1045				0,4275	0,4222	subkritik	
	12	0,54	0,0990				0,4809	0,4880	subkritik	
	13	0,56	0,0910				0,4809	0,5090	subkritik	
	14	0,58	0,0785				0,5496	0,6263	subkritik	
	15	0,60	0,0600				0,6412	0,8358	subkritik	
	16	0,62	0,0400				0,6412	1,0237	superkritik	
	17	0,64	0,0155				0,5496	1,4095	superkritik	
	18	0,66	0,0035				0,5496	2,9662	superkritik	
	19	0,67	0,0035	0,0035000	0,0000000		0,5496	2,9662	superkritik	
	20	0,77	0,0035	0,0042001	0,0007001		0,5496	2,9662	superkritik	
	21	0,87	0,0070	0,0049168	0,0020832		0,2748	1,0487	superkritik	
	22	0,97	0,0080	0,0057759	0,0022241		0,2405	0,8584	subkritik	
	23	1,07	0,0100	0,0076258	0,0023742		0,1924	0,6142	subkritik	
	24	1,17	0,0110	0,0067409	0,0042591		0,1749	0,5324	subkritik	
	25	1,27	0,0135	0,0077893	0,0057107		0,1425	0,3916	subkritik	
	26	1,37	0,0135	0,0074867	0,0060133		0,1425	0,3916	subkritik	
	27	1,47	0,0135	0,0058068	0,0076932		0,1425	0,3916	subkritik	



**Tabel L-2. 12 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,12 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,12	1	0,05	0,1200	0,1180016	0,0019984	0,000487	0,0406	0,0374	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1200	0,1180015	0,0019985		0,0406	0,0374	subkritik	
	3	0,15	0,1200	0,1180013	0,0019987		0,0406	0,0374	subkritik	
	4	0,20	0,1200	0,1180012	0,0019988		0,0406	0,0374	subkritik	
	5	0,25	0,1200	0,1180010	0,0019990		0,0406	0,0374	subkritik	
	6	0,30	0,1200	0,1180009	0,0019991		0,0406	0,0374	subkritik	
	7	0,35	0,1200	0,1180007	0,0019993		0,0406	0,0374	subkritik	
	8	0,40	0,1200	0,1180006	0,0019994		0,0406	0,0374	subkritik	
	9	0,45	0,1200	0,1180004	0,0019996		0,0406	0,0374	subkritik	
	10	0,50	0,1180		0,1180000		0,0413	0,0384	subkritik	
	11	0,52	0,1125				0,3900	0,3712	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1045				0,5131	0,5068	subkritik	
	13	0,56	0,0950				0,6094	0,6312	subkritik	
	14	0,58	0,0820				0,6964	0,7765	subkritik	
	15	0,60	0,0625				0,8863	1,1320	superkritik	
	16	0,62	0,0425				0,8863	1,3727	superkritik	
	17	0,64	0,0190				0,6964	1,6131	superkritik	
	18	0,66	0,0060				0,8125	3,3489	superkritik	
	19	0,67	0,0055	0,0055000	0,0000000		0,8863	3,8158	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0055	0,0060752	0,0005752		0,8863	3,8158	superkritik	
	21	0,87	0,0055	0,0066089	0,0011089		0,8863	3,8158	superkritik	
	22	0,97	0,0055	0,0071457	0,0016457		0,8863	3,8158	superkritik	
	23	1,07	0,0060	0,0076908	0,0016908		0,8125	3,3489	superkritik	
	24	1,17	0,0070	0,0082504	0,0012504		0,6964	2,6576	superkritik	
	25	1,27	0,0090	0,0088329	0,0001671		0,5417	1,8229	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	26	1,37	0,0165	0,0094509	0,0070491		0,2954	0,7344	subkritik	
	27	1,47	0,0165	0,0101262	0,0063738		0,2954	0,7344	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	28	1,57	0,0175	0,0109040	0,0065960		0,2786	0,6723	subkritik	
	29	1,67	0,0180	0,0119231	0,0060769		0,2708	0,6445	subkritik	
	30	1,77	0,0190	0,0164240	0,0025760		0,2566	0,5943	subkritik	
	31	1,87	0,0195	0,0159615	0,0035385		0,2500	0,5716	subkritik	
	32	1,97	0,0200	0,0153628	0,0046372		0,2437	0,5503	subkritik	
	33	2,07	0,0205	0,0143986	0,0061014		0,2378	0,5303	subkritik	
	34	2,17	0,0215	0,0151016	0,0063984		0,2267	0,4937	subkritik	
	35	2,27	0,0225	0,0137473	0,0087527		0,2167	0,4612	subkritik	
	36	2,37	0,0235	0,0114981	0,0120019		0,2074	0,4320	subkritik	
	37	2,47	0,0235	0,0130533	0,0104467		0,2074	0,4320	subkritik	
	38	2,57	0,0235	0,0152088	0,0082912		0,2074	0,4320	subkritik	

**Tabel L-2. 13 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,13 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,13	1	0,05	0,1300	0,126006	0,0039943	0,001005	0,0773	0,0685	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1300	0,126005	0,0039948		0,0773	0,0685	subkritik	
	3	0,15	0,1300	0,126005	0,0039954		0,0773	0,0685	subkritik	
	4	0,20	0,1300	0,126004	0,0039959		0,0773	0,0685	subkritik	
	5	0,25	0,1300	0,126004	0,0039964		0,0773	0,0685	subkritik	
	6	0,30	0,1300	0,126003	0,0039969		0,0773	0,0685	subkritik	
	7	0,35	0,1300	0,126003	0,0039974		0,0773	0,0685	subkritik	
	8	0,40	0,1300	0,126002	0,0039979		0,0773	0,0685	subkritik	
	9	0,45	0,1300	0,126002	0,0039984		0,0773	0,0685	subkritik	
	10	0,50	0,1260	0,126000	0,0000000		0,0798	0,0718	subkritik	
	11	0,52	0,1200				0,5027	0,4633	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1120				0,5914	0,5642	subkritik	
	13	0,56	0,1020				0,6703	0,6701	subkritik	
	14	0,58	0,0875				0,8043	0,8681	subkritik	
	15	0,60	0,0695				0,8043	0,9741	subkritik	
	16	0,62	0,0485				0,8743	1,2675	superkritik	
	17	0,64	0,0245				0,8043	1,6406	superkritik	
	18	0,66	0,0090				1,1171	3,7596	superkritik	
	19	0,67	0,0080	0,008000	0,0000000		1,2567	4,4861	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0090	0,008513	0,0004871		1,1171	3,7596	superkritik	
	21	0,87	0,0090	0,008971	0,0000287		1,1171	3,7596	superkritik	
	22	0,97	0,0090	0,009427	0,0004272		1,1171	3,7596	superkritik	
	23	1,07	0,0090	0,009882	0,0008817		1,1171	3,7596	superkritik	
	24	1,17	0,0090	0,010336	0,0013356		1,1171	3,7596	superkritik	
	25	1,27	0,0090	0,010790	0,0017901		1,1171	3,7596	superkritik	
	26	1,37	0,0090	0,011246	0,0022462		1,1171	3,7596	superkritik	
	27	1,47	0,0100	0,011705	0,0017051		1,0054	3,2100	superkritik	
	28	1,57	0,0105	0,012168	0,0016679		0,9575	2,9834	superkritik	
	29	1,67	0,0110	0,012636	0,0016362		0,9140	2,7824	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	30	1,77	0,0115	0,013111	0,0016114		0,8743	2,6029	superkritik	
	31	1,87	0,0120	0,013596	0,0015956		0,8378	2,4419	superkritik	
	32	1,97	0,0125	0,014091	0,0015911		0,8043	2,2969	superkritik	
	33	2,07	0,0275	0,014601	0,0128994		0,3656	0,7039	subkritik	
	34	2,17	0,0285	0,015128	0,0133720		0,3528	0,6672	subkritik	
	35	2,27	0,0300	0,015678	0,0143217		0,3351	0,6178	subkritik	
	36	2,37	0,0310	0,016258	0,0147416		0,3243	0,5881	subkritik	
	37	2,47	0,0315	0,016879	0,0146209		0,3192	0,5742	subkritik	
	38	2,57	0,0315	0,017558	0,0139425		0,3192	0,5742	subkritik	
	39	2,67	0,0315	0,018326	0,0131737		0,3192	0,5742	subkritik	

**Tabel L-2. 14 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,14 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,14	1	0,05	0,1400	0,133011	0,0069885	0,001552	0,1108	0,0946	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1400	0,133010	0,0069895		0,1108	0,0946	subkritis	
	3	0,15	0,1400	0,133009	0,0069906		0,1108	0,0946	subkritis	
	4	0,20	0,1400	0,133008	0,0069916		0,1108	0,0946	subkritis	
	5	0,25	0,1400	0,133007	0,0069926		0,1108	0,0946	subkritis	
	6	0,30	0,1400	0,133006	0,0069936		0,1108	0,0946	subkritis	
	7	0,35	0,1400	0,133005	0,0069946		0,1108	0,0946	subkritis	
	8	0,40	0,1400	0,133004	0,0069956		0,1108	0,0946	subkritis	
	9	0,45	0,1390	0,133003	0,0059966		0,1116	0,0956	subkritis	
	10	0,50	0,1330	0,133000	0,0000000		0,1167	0,1021	subkritis	
	11	0,52	0,1275				0,5642	0,5045	subkritis	
	12	0,54	0,1190				0,6465	0,5984	subkritis	
	13	0,56	0,1050				0,8620	0,8493	subkritis	
	14	0,58	0,0940				0,8166	0,8504	subkritis	
	15	0,60	0,0775				0,7569	0,8680	subkritis	
	16	0,62	0,0540				0,9127	1,2540	superkritis	
	17	0,64	0,0315				0,7957	1,4314	superkritis	
	18	0,66	0,0160				0,9698	2,4477	superkritis	
	19	0,67	0,0150	0,015000	0,0000000		1,0344	2,6966	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0150	0,015503	0,0005034		1,0344	2,6966	superkritis	
	21	0,87	0,0150	0,015922	0,0009222		1,0344	2,6966	superkritis	
	22	0,97	0,0150	0,016344	0,0013438		1,0344	2,6966	superkritis	
	23	1,07	0,0150	0,016769	0,0017689		1,0344	2,6966	superkritis	
	24	1,17	0,0150	0,017198	0,0021981		1,0344	2,6966	superkritis	
	25	1,27	0,0150	0,017632	0,0026322		1,0344	2,6966	superkritis	
	26	1,37	0,0150	0,018072	0,0030721		1,0344	2,6966	superkritis	
	27	1,47	0,0150	0,018519	0,0035186		1,0344	2,6966	superkritis	
	28	1,57	0,0150	0,018973	0,0039730		1,0344	2,6966	superkritis	
	29	1,67	0,0150	0,019437	0,0044366		1,0344	2,6966	superkritis	
	30	1,77	0,0150	0,019911	0,0049109		1,0344	2,6966	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	31	1,87	0,0160	0,020398	0,0043979		0,9698	2,4477	superkritis	
	32	1,97	0,0165	0,020900	0,0043999		0,9404	2,3373	superkritis	
	33	2,07	0,0175	0,021420	0,0039201		0,8866	2,1399	superkritis	
	34	2,17	0,0180	0,021962	0,0039623		0,8620	2,0513	superkritis	
	35	2,27	0,0190	0,022532	0,0035319		0,8166	1,8915	superkritis	
	36	2,37	0,0200	0,023137	0,0031368		0,7758	1,7515	superkritis	
	37	2,47	0,0205	0,023788	0,0032883		0,7569	1,6878	superkritis	
	38	2,57	0,0210	0,024506	0,0035055		0,7389	1,6279	superkritis	
	39	2,67	0,0210	0,025324	0,0043239		0,7389	1,6279	superkritis	
	40	2,77	0,0215	0,026327	0,0048269		0,7217	1,5714	superkritis	
	41	2,87	0,0220	0,027855	0,0058552		0,7053	1,5181	superkritis	
	42	2,97	0,0315	0,028012	0,0034879		0,4926	0,8861	subkritis	
	43	3,07	0,0325	0,028665	0,0038345		0,4774	0,8455	subkritis	
	44	3,17	0,0335	0,032101	0,0013986		0,4632	0,8079	subkritis	
	45	3,27	0,0350	0,031142	0,0038583		0,4433	0,7566	subkritis	
	46	3,37	0,0365	0,028987	0,0075127		0,4251	0,7104	subkritis	
	47	3,47	0,0370	0,048124	0,0111241		0,4194	0,6961	subkritis	
	48	3,57	0,0370	0,048055	0,0110554		0,4194	0,6961	subkritis	
	49	3,67	0,0370	0,047986	0,0109862		0,4194	0,6961	subkritis	

**Tabel L-2. 15 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	1	0,05	0,1500	0,141021	0,0089788	0,002297	0,1531	0,1262	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1500	0,141019	0,0089807		0,1531	0,1262	subkritik	
	3	0,15	0,1500	0,141017	0,0089825		0,1531	0,1262	subkritik	
	4	0,20	0,1500	0,141016	0,0089844		0,1531	0,1262	subkritik	
	5	0,25	0,1500	0,141014	0,0089862		0,1531	0,1262	subkritik	
	6	0,30	0,1500	0,141012	0,0089880		0,1531	0,1262	subkritik	
	7	0,35	0,1500	0,141010	0,0089899		0,1531	0,1262	subkritik	
	8	0,40	0,1485	0,141008	0,0074917		0,1547	0,1282	subkritik	
	9	0,45	0,1465	0,141006	0,0054936		0,1568	0,1308	subkritik	
	10	0,50	0,1410	0,141000	0,0000000		0,1629	0,1385	subkritik	
	11	0,52	0,1345				0,6658	0,5797	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1255				0,7532	0,6788	subkritik	
	13	0,56	0,1150				0,8204	0,7724	subkritik	
	14	0,58	0,1010				0,8835	0,8876	subkritik	
	15	0,60	0,0825				0,9008	1,0013	superkritik	
	16	0,62	0,0605				0,9775	1,2688	superkritik	
	17	0,64	0,0325				1,1205	1,9845	superkritik	
	18	0,66	0,0190				1,2090	2,8004	superkritik	
	19	0,67	0,0175	0,017500	0,0000000		1,3126	3,1681	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0180	0,017971	0,0000293		1,2762	3,0370	superkritik	
	21	0,87	0,0180	0,018349	0,0003487		1,2762	3,0370	superkritik	
	22	0,97	0,0180	0,018727	0,0007272		1,2762	3,0370	superkritik	
	23	1,07	0,0180	0,019106	0,0011063		1,2762	3,0370	superkritik	
	24	1,17	0,0180	0,019486	0,0014862		1,2762	3,0370	superkritik	
	25	1,27	0,0180	0,019867	0,0018672		1,2762	3,0370	superkritik	
	26	1,37	0,0180	0,020250	0,0022496		1,2762	3,0370	superkritik	
	27	1,47	0,0180	0,020633	0,0026334		1,2762	3,0370	superkritik	
	28	1,57	0,0180	0,021019	0,0030191		1,2762	3,0370	superkritik	
	29	1,67	0,0180	0,021407	0,0034069		1,2762	3,0370	superkritik	
	30	1,77	0,0185	0,021797	0,0032971		1,2417	2,9147	superkritik	
	31	1,87	0,0185	0,022190	0,0036899		1,2417	2,9147	superkritik	
	32	1,97	0,0190	0,022586	0,0035858		1,2090	2,8004	superkritik	
	33	2,07	0,0200	0,022985	0,0029851		1,1486	2,5930	superkritik	
	34	2,17	0,0210	0,023388	0,0023881		1,0939	2,4100	superkritik	
	35	2,27	0,0215	0,023795	0,0022954		1,0684	2,3264	superkritik	
	36	2,37	0,0220	0,024207	0,0022075		1,0441	2,2476	superkritik	
	37	2,47	0,0230	0,024625	0,0016247		0,9988	2,1026	superkritik	
	38	2,57	0,0245	0,025048	0,0005479		0,9376	1,9125	superkritik	
	39	2,67	0,0255	0,025478	0,0000223		0,9008	1,8011	superkritik	
	40	2,77	0,0265	0,025915	0,0005852		0,8668	1,7001	superkritik	
	41	2,87	0,0270	0,026360	0,0006398		0,8508	1,6531	superkritik	
	42	2,97	0,0280	0,026815	0,0011851		0,8204	1,5654	superkritik	
	43	3,07	0,0290	0,027280	0,0017197		0,7921	1,4851	superkritik	
	44	3,17	0,0300	0,027758	0,0022422		0,7657	1,4115	superkritik	
	45	3,27	0,0305	0,028249	0,0022508		0,7532	1,3769	superkritik	
	46	3,37	0,0310	0,028757	0,0022431		0,7410	1,3437	superkritik	
	47	3,47	0,0310	0,029284	0,0017164		0,7410	1,3437	superkritik	
	48	3,57	0,0310	0,029833	0,0011670		0,7410	1,3437	superkritik	
	49	3,67	0,0320	0,030410	0,0015900		0,7179	1,2812	superkritik	
	50	3,77	0,0320	0,031021	0,0009785		0,7179	1,2812	superkritik	

**Lanjutan Tabel L-2. 15 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 2 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 2										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	51	3,87	0,0325	0,031677	0,0008228	0,000190	0,7068	1,2518	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	52	3,97	0,0330	0,032393	0,0006073		0,6961	1,2234	superkritik	
	53	4,07	0,0335	0,033194	0,0003057		0,6857	1,1961	superkritik	
	54	4,17	0,0345	0,034136	0,0003643		0,6658	1,1445	superkritik	
	55	4,27	0,0415	0,035365	0,0061349		0,5535	0,8675	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	56	4,37	0,0425	0,038085	0,0044146		0,5405	0,8371	subkritik	
	57	4,47	0,0435	0,033479	0,0100213		0,5281	0,8084	subkritik	
	58	4,57	0,0435	0,034487	0,0090125		0,5281	0,8084	subkritik	
	59	4,67	0,0435	0,035902	0,0075981		0,5281	0,8084	subkritik	

**Tabel L-2. 16 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman Hulu 0,11 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,11	1	0,05	0,1100	0,1100003	0,0000003	0,000190	0,0173	0,0167	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0173	0,0167	subkritik	
	3	0,15	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0173	0,0167	subkritik	
	4	0,20	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0173	0,0167	subkritik	
	5	0,25	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0173	0,0167	subkritik	
	6	0,30	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0173	0,0167	subkritik	
	7	0,35	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0173	0,0167	subkritik	
	8	0,40	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0173	0,0167	subkritik	
	9	0,45	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0173	0,0167	subkritik	
	10	0,50	0,1100	0,1100000	0,0000000		0,0173	0,0167	subkritik	
	11	0,52	0,1060				0,3173	0,3112	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,0995				0,4231	0,4283	subkritik	
	13	0,56	0,0910				0,4760	0,5038	subkritik	
	14	0,58	0,0780				0,6347	0,7256	subkritik	
	15	0,60	0,0610				0,6347	0,8205	subkritik	
	16	0,62	0,0410				0,6347	1,0008	superkritik	
	17	0,64	0,0170				0,6347	1,5542	superkritik	
	18	0,66	0,0035				0,5440	2,9359	superkritik	
	19	0,67	0,0035	0,0035000	0,0000000		0,5440	2,9359	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0035	0,0042029	0,0007029		0,5440	2,9359	superkritik	
	21	0,87	0,0070	0,0049254	0,0020746		0,2720	1,0380	superkritik	
	22	0,97	0,0085	0,0058025	0,0026975		0,2240	0,7757	subkritik	
	23	1,07	0,0100	0,0080817	0,0019183		0,1904	0,6079	subkritik	
	24	1,17	0,0110	0,0121662	0,0011662		0,1731	0,5269	subkritik	
	25	1,27	0,0115	0,0120654	0,0005654		0,1656	0,4929	subkritik	
	26	1,37	0,0135	0,0119610	0,0015390		0,1410	0,3876	subkritik	
	27	1,47	0,0135	0,0118526	0,0016474		0,1410	0,3876	subkritik	

**Tabel L-2. 17 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman  
Hulu 0,12 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,12	1	0,05	0,1200	0,1175016	0,0024984	0,000479	0,0399	0,0368	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1200	0,1175014	0,0024986		0,0399	0,0368	subkritik	
	3	0,15	0,1200	0,1175013	0,0024987		0,0399	0,0368	subkritik	
	4	0,20	0,1200	0,1175012	0,0024988		0,0399	0,0368	subkritik	
	5	0,25	0,1200	0,1175010	0,0024990		0,0399	0,0368	subkritik	
	6	0,30	0,1200	0,1175009	0,0024991		0,0399	0,0368	subkritik	
	7	0,35	0,1200	0,1175007	0,0024993		0,0399	0,0368	subkritik	
	8	0,40	0,1200	0,1175006	0,0024994		0,0399	0,0368	subkritik	
	9	0,45	0,1200	0,1175004	0,0024996		0,0399	0,0368	subkritik	
	10	0,50	0,1180	0,1175000	0,0005000		0,0406	0,0377	subkritik	
	11	0,52	0,1140				0,3422	0,3236	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1060				0,4355	0,4271	subkritik	
	13	0,56	0,0955				0,5636	0,5823	subkritik	
	14	0,58	0,0830				0,5989	0,6637	subkritik	
	15	0,60	0,0660				0,5989	0,7442	subkritik	
	16	0,62	0,0460				0,5989	0,8915	subkritik	
	17	0,64	0,0200				0,7985	1,8026	superkritik	
	18	0,66	0,0060				0,7985	3,2912	superkritik	
	19	0,67	0,0055	0,0055000	0,0000000		0,8711	3,7500	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0060	0,0060770	0,0000770		0,7985	3,2912	superkritik	
	21	0,87	0,0060	0,0066129	0,0006129		0,7985	3,2912	superkritik	
	22	0,97	0,0060	0,0071528	0,0001528		0,7985	3,2912	superkritik	
	23	1,07	0,0070	0,0077021	0,0002979		0,6844	2,6117	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	24	1,17	0,0080	0,0082676	0,0007324		0,5989	2,1377	superkritik	
	25	1,27	0,0090	0,0088584	0,0081416		0,5323	1,7915	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	26	1,37	0,0170	0,0094893	0,0075107		0,2818	0,6901	subkritik	
	27	1,47	0,0170	0,0101862	0,0078138		0,2818	0,6901	subkritik	
	28	1,57	0,0180	0,0110076	0,0074924		0,2662	0,6334	subkritik	
	29	1,67	0,0185	0,0121739	0,0068261		0,2590	0,6079	subkritik	
	30	1,77	0,0190	0,0116588	0,0083412		0,2521	0,5840	subkritik	
	31	1,87	0,0200	0,0143600	0,0066400		0,2395	0,5408	subkritik	
	32	1,97	0,0210	0,0166784	0,0048216		0,2281	0,5026	subkritik	
	33	2,07	0,0215	0,0163003	0,0056997		0,2228	0,4852	subkritik	
	34	2,17	0,0220	0,0158502	0,0071498		0,2178	0,4688	subkritik	
	35	2,27	0,0230	0,0152744	0,0082256		0,2083	0,4385	subkritik	
	36	2,37	0,0235	0,0143845	0,0091155		0,2039	0,4246	subkritik	
	37	2,47	0,0235	0,0171903	0,0063097		0,2039	0,4246	subkritik	
	38	2,57	0,0235	0,0171903	0,0171903		0,2039	0,4246	subkritik	



**Tabel L-2. 18 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman  
Hulu 0,13 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,13	1	0,05	0,1300	0,125506	0,0044944	0,000994	0,0765	0,0677	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1300	0,125505	0,0044949		0,0765	0,0677	subkritik	
	3	0,15	0,1300	0,125505	0,0044954		0,0765	0,0677	subkritik	
	4	0,20	0,1300	0,125504	0,0044959		0,0765	0,0677	subkritik	
	5	0,25	0,1300	0,125504	0,0044964		0,0765	0,0677	subkritik	
	6	0,30	0,1300	0,125503	0,0044969		0,0765	0,0677	subkritik	
	7	0,35	0,1300	0,125503	0,0044974		0,0765	0,0677	subkritik	
	8	0,40	0,1300	0,125502	0,0044979		0,0765	0,0677	subkritik	
	9	0,45	0,1300	0,125502	0,0044984		0,0765	0,0677	subkritik	
	10	0,50	0,1255	0,125500	0,0000000		0,0792	0,0714	subkritik	
	11	0,52	0,1205				0,4851	0,4462	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1115				0,6027	0,5762	subkritik	
	13	0,56	0,1005				0,7366	0,7418	subkritik	
	14	0,58	0,0865				0,8647	0,9387	subkritik	
	15	0,60	0,0670				1,1049	1,3629	superkritik	
	16	0,62	0,0490				0,9040	1,3039	superkritik	
	17	0,64	0,0210				1,4206	3,1298	superkritik	
	18	0,66	0,0095				1,0467	3,4288	superkritik	
	19	0,67	0,0090	0,009000	0,0000000		1,1049	3,7185	superkritik	
	20	0,77	0,0095	0,009513	0,0000130		1,0467	3,4288	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	21	0,87	0,0095	0,009968	0,0004683		1,0467	3,4288	superkritik	
	22	0,97	0,0095	0,010423	0,0009234		1,0467	3,4288	superkritik	
	23	1,07	0,0095	0,010879	0,0013795		1,0467	3,4288	superkritik	
	24	1,17	0,0095	0,011338	0,0018376		1,0467	3,4288	superkritik	
	25	1,27	0,0095	0,011799	0,0022990		1,0467	3,4288	superkritik	
	26	1,37	0,0095	0,012265	0,0027649		1,0467	3,4288	superkritik	
	27	1,47	0,0095	0,012737	0,0027370		1,0467	3,4288	superkritik	
	28	1,57	0,0100	0,013217	0,0027169		0,9944	3,1749	superkritik	
	29	1,67	0,0105	0,013707	0,0027067		0,9471	2,9508	superkritik	
	30	1,77	0,0110	0,014209	0,0027092		0,9040	2,7520	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	31	1,87	0,0115	0,014727	0,0027274		0,8647	2,5744	superkritik	
	32	1,97	0,0120	0,015266	0,0117342		0,8287	2,4152	superkritik	
	33	2,07	0,0270	0,015830	0,0111697		0,3683	0,7156	subkritik	
	34	2,17	0,0270	0,016430	0,0135704		0,3683	0,7156	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	35	2,27	0,0300	0,017077	0,0144230		0,3315	0,6110	subkritik	
	36	2,37	0,0315	0,017796	0,0142037		0,3157	0,5679	subkritik	
	37	2,47	0,0320	0,018636	0,0133638		0,3108	0,5546	subkritik	
	38	2,57	0,0320	0,019739	0,0122607		0,3108	0,5546	subkritik	
	39	2,67	0,0320	0,022860	0,0228596		0,3108	0,5546	subkritik	

**Tabel L-2. 19 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman Hulu 0,14 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,14	1	0,05	0,1400	0,134010	0,0059896	0,001499	0,1070	0,0913	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1400	0,134010	0,0059905		0,1070	0,0913	subkritis	
	3	0,15	0,1400	0,134009	0,0059914		0,1070	0,0913	subkritis	
	4	0,20	0,1400	0,134008	0,0059923		0,1070	0,0913	subkritis	
	5	0,25	0,1400	0,134007	0,0059932		0,1070	0,0913	subkritis	
	6	0,30	0,1400	0,134006	0,0059942		0,1070	0,0913	subkritis	
	7	0,35	0,1400	0,134005	0,0059951		0,1070	0,0913	subkritis	
	8	0,40	0,1400	0,134004	0,0059960		0,1070	0,0913	subkritis	
	9	0,45	0,1390	0,134003	0,0049969		0,1078	0,0923	subkritis	
	10	0,50	0,1340	0,134000	0,0000000		0,1118	0,0975	subkritis	
	11	0,52	0,1295				0,5080	0,4507	subkritis	
	12	0,54	0,1200				0,5995	0,5525	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	13	0,56	0,1090				0,6812	0,6588	subkritis	
	14	0,58	0,0945				0,7685	0,7982	subkritis	
	15	0,60	0,0760				0,8326	0,9642	subkritis	
	16	0,62	0,0570				0,7888	1,0548	superkritis	
	17	0,64	0,0350				0,7136	1,2179	superkritis	
	18	0,66	0,0160				0,9366	2,3642	superkritis	
	19	0,67	0,0150	0,015000	0,0000000		0,9991	2,6045	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0150	0,015510	0,0005097		0,9991	2,6045	superkritis	
	21	0,87	0,0150	0,015934	0,0009342		0,9991	2,6045	superkritis	
	22	0,97	0,0150	0,016362	0,0013623		0,9991	2,6045	superkritis	
	23	1,07	0,0150	0,016795	0,0017947		0,9991	2,6045	superkritis	
	24	1,17	0,0150	0,017232	0,0022321		0,9991	2,6045	superkritis	
	25	1,27	0,0150	0,017676	0,0026756		0,9991	2,6045	superkritis	
	26	1,37	0,0150	0,018126	0,0031260		0,9991	2,6045	superkritis	
	27	1,47	0,0150	0,018585	0,0035847		0,9991	2,6045	superkritis	
	28	1,57	0,0150	0,019053	0,0040531		0,9991	2,6045	superkritis	
	29	1,67	0,0150	0,019533	0,0045328		0,9991	2,6045	superkritis	
	30	1,77	0,0150	0,020026	0,0050262		0,9991	2,6045	superkritis	
	31	1,87	0,0150	0,020536	0,0045357		0,9991	2,6045	superkritis	
	32	1,97	0,0160	0,021065	0,0050649		0,9366	2,3642	superkritis	
	33	2,07	0,0160	0,021618	0,0056183		0,9366	2,3642	superkritis	
	34	2,17	0,0160	0,022202	0,0047023		0,9366	2,3642	superkritis	
	35	2,27	0,0175	0,022826	0,0043262		0,8564	2,0668	superkritis	
	36	2,37	0,0185	0,023505	0,0045045		0,8101	1,9015	superkritis	
	37	2,47	0,0190	0,024262	0,0037625		0,7888	1,8270	superkritis	
	38	2,57	0,0205	0,025152	0,0041521		0,7310	1,6302	superkritis	
	39	2,67	0,0210	0,026323	0,0048229		0,7136	1,5723	superkritis	
	40	2,77	0,0215	0,029356	0,0068556		0,6970	1,5178	superkritis	
	41	2,87	0,0225	0,028836	0,0036639		0,6661	1,4177	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	42	2,97	0,0325	0,026117	0,0063830		0,4611	0,8166	subkritis	
	43	3,07	0,0325	0,028316	0,0051840		0,4611	0,8166	subkritis	
	44	3,17	0,0335	0,045742	0,0112421		0,4474	0,7804	subkritis	
	45	3,27	0,0345	0,045664	0,0096642		0,4344	0,7467	subkritis	
	46	3,37	0,0360	0,045586	0,0085857		0,4163	0,7005	subkritis	
	47	3,47	0,0370	0,045507	0,0085067		0,4050	0,6723	subkritis	
	48	3,57	0,0370	0,045427	0,0084270		0,4050	0,6723	subkritis	
	49	3,67	0,0370	0,045347	0,0453467		0,4050	0,6723	subkritis	



**Tabel L-2. 20 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	1	0,05	0,1500	0,142020	0,0079800	0,002257	0,1505	0,1241	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1500	0,142018	0,0079818		0,1505	0,1241	subkritik	
	3	0,15	0,1500	0,142017	0,0079835		0,1505	0,1241	subkritik	
	4	0,20	0,1500	0,142015	0,0079852		0,1505	0,1241	subkritik	
	5	0,25	0,1500	0,142013	0,0079870		0,1505	0,1241	subkritik	
	6	0,30	0,1500	0,142011	0,0079887		0,1505	0,1241	subkritik	
	7	0,35	0,1500	0,142010	0,0079904		0,1505	0,1241	subkritik	
	8	0,40	0,1500	0,142008	0,0079922		0,1505	0,1241	subkritik	
	9	0,45	0,1475	0,142006	0,0054939		0,1530	0,1272	subkritik	
	10	0,50	0,1420	0,142000	0,0000000		0,1590	0,1347	subkritik	
	11	0,52	0,1365				0,6185	0,5345	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1275				0,6946	0,6211	subkritik	
	13	0,56	0,1160				0,7784	0,7297	subkritik	
	14	0,58	0,1020				0,8361	0,8358	subkritik	
	15	0,60	0,0840				0,8682	0,9564	subkritik	
	16	0,62	0,0640				0,8682	1,0957	superkritik	
	17	0,64	0,0385				0,9214	1,4992	superkritik	
	18	0,66	0,0190				1,1881	2,7519	superkritik	
	19	0,67	0,0175	0,017500	0,0000000		1,2899	3,1132	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0180	0,017973	0,0000273		1,2541	2,9844	superkritik	
	21	0,87	0,0180	0,018352	0,0003524		1,2541	2,9844	superkritik	
	22	0,97	0,0180	0,018733	0,0007326		1,2541	2,9844	superkritik	
	23	1,07	0,0180	0,019114	0,0011137		1,2541	2,9844	superkritik	
	24	1,17	0,0180	0,019496	0,0014957		1,2541	2,9844	superkritik	
	25	1,27	0,0180	0,019879	0,0018791		1,2541	2,9844	superkritik	
	26	1,37	0,0180	0,020264	0,0022639		1,2541	2,9844	superkritik	
	27	1,47	0,0180	0,020650	0,0026504		1,2541	2,9844	superkritik	
	28	1,57	0,0185	0,021039	0,0025390		1,2202	2,8642	superkritik	
	29	1,67	0,0185	0,021430	0,0029299		1,2202	2,8642	superkritik	
	30	1,77	0,0185	0,021823	0,0033235		1,2202	2,8642	superkritik	
	31	1,87	0,0200	0,022220	0,0022200		1,1287	2,5481	superkritik	
	32	1,97	0,0210	0,022620	0,0016199		1,0749	2,3683	superkritik	
	33	2,07	0,0210	0,023024	0,0020236		1,0749	2,3683	superkritik	
	34	2,17	0,0215	0,023431	0,0019315		1,0499	2,2862	superkritik	
	35	2,27	0,0215	0,023844	0,0023441		1,0499	2,2862	superkritik	
	36	2,37	0,0240	0,024262	0,0002619		0,9406	1,9384	superkritik	
	37	2,47	0,0250	0,024686	0,0003144		0,9029	1,8233	superkritik	
	38	2,57	0,0260	0,025116	0,0008841		0,8682	1,7191	superkritik	
	39	2,67	0,0270	0,025554	0,0014465		0,8361	1,6245	superkritik	
	40	2,77	0,0275	0,026000	0,0015005		0,8209	1,5804	superkritik	
	41	2,87	0,0280	0,026455	0,0015451		0,8062	1,5383	superkritik	
	42	2,97	0,0290	0,026921	0,0020791		0,7784	1,4594	superkritik	
	43	3,07	0,0295	0,027399	0,0021008		0,7652	1,4224	superkritik	
	44	3,17	0,0305	0,027891	0,0026085		0,7401	1,3531	superkritik	
	45	3,27	0,0320	0,028400	0,0035999		0,7054	1,2590	superkritik	
	46	3,37	0,0320	0,028928	0,0030720		0,7054	1,2590	superkritik	
	47	3,47	0,0325	0,029479	0,0030210		0,6946	1,2301	superkritik	
	48	3,57	0,0325	0,030058	0,0024419		0,6946	1,2301	superkritik	
	49	3,67	0,0330	0,030672	0,0023278		0,6841	1,2023	superkritik	
	50	3,77	0,0335	0,031332	0,0021683		0,6738	1,1754	superkritik	

**Lanjutan Tabel L-2. 20 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 3 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 3										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	51	3,87	0,0335	0,032053	0,0014472	0,000194	0,6738	1,1754	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	52	3,97	0,0335	0,032863	0,0006366		0,6738	1,1754	superkritik	
	53	4,07	0,0335	0,033822	0,0003221		0,6738	1,1754	superkritik	
	54	4,17	0,0355	0,035099	0,0004014		0,6359	1,0775	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	55	4,27	0,0425	0,038682	0,0038179		0,5311	0,8226	subkritik	
	56	4,37	0,0430	0,039398	0,0036025		0,5250	0,8083	subkritik	
	57	4,47	0,0435	0,036082	0,0074179		0,5189	0,7944	subkritik	
	58	4,57	0,0435	0,036485	0,0070152		0,5189	0,7944	subkritik	
	59	4,67	0,0435	0,038083	0,0054170		0,5189	0,7944	subkritik	

**Tabel L-2. 21 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman Hulu 0,11 m**

Mercu Ogee 4											
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran	
0,11	1	0,05	0,1100	0,1100003	0,0000003	0,000194	0,0176	0,0169	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	2	0,10	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0176	0,0169	subkritik		
	3	0,15	0,1100	0,1100003	0,0000003		0,0176	0,0169	subkritik		
	4	0,20	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0176	0,0169	subkritik		
	5	0,25	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0176	0,0169	subkritik		
	6	0,30	0,1100	0,1100002	0,0000002		0,0176	0,0169	subkritik		
	7	0,35	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0176	0,0169	subkritik		
	8	0,40	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0176	0,0169	subkritik		
	9	0,45	0,1100	0,1100001	0,0000001		0,0176	0,0169	subkritik		
	10	0,50	0,1100	0,1100000	0,0000000		0,0176	0,0169	subkritik		
	11	0,52	0,1035				0,4303	0,4270	subkritik		Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,0955				0,5532	0,5715	subkritik		
	13	0,56	0,0850				0,6454	0,7068	subkritik		
	14	0,58	0,0700				0,6454	0,7788	subkritik		
	15	0,60	0,0510				0,6454	0,9124	subkritik		
	16	0,62	0,0290				0,6454	1,2100	superkritik		
	17	0,64	0,0090				0,4840	1,6290	superkritik		
	18	0,66	0,0030				0,6454	3,7620	superkritik		
	19	0,67	0,0030	0,0030000	0,0000000		0,6454	3,7620	superkritik		
	20	0,77	0,0030	0,0036851	0,0006851		0,6454	3,7620	superkritik		
	21	0,87	0,0070	0,0043584	0,0026416		0,2766	1,0555	superkritik		
	22	0,97	0,0075	0,0050914	0,0024086		0,2582	0,9517	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	23	1,07	0,0085	0,0060047	0,0024953		0,2278	0,7888	subkritik		
	24	1,17	0,0090	0,0108755	0,0018755		0,2151	0,7240	subkritik		
	25	1,27	0,0100	0,0107008	0,0007008		0,1936	0,6182	subkritik		
	26	1,37	0,0135	0,0105115	0,0029885		0,1434	0,3941	subkritik		
	27	1,47	0,0135	0,0103044	0,0031956		0,1434	0,3941	subkritik		

**Tabel L-2. 22 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman  
Hulu 0,12 m**

Mercu Ogee 4										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,12	1	0,0500	0,1200	0,117002	0,0029983	0,000491	0,0409	0,0377	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,1000	0,1200	0,117002	0,0029985		0,0409	0,0377	subkritik	
	3	0,1500	0,1200	0,117001	0,0029986		0,0409	0,0377	subkritik	
	4	0,2000	0,1200	0,117001	0,0029988		0,0409	0,0377	subkritik	
	5	0,2500	0,1200	0,117001	0,0029989		0,0409	0,0377	subkritik	
	6	0,3000	0,1200	0,117001	0,0029991		0,0409	0,0377	subkritik	
	7	0,3500	0,1200	0,117001	0,0029992		0,0409	0,0377	subkritik	
	8	0,4000	0,1200	0,117001	0,0029994		0,0409	0,0377	subkritik	
	9	0,4500	0,1200	0,117000	0,0029995		0,0409	0,0377	subkritik	
	10	0,5000	0,1170	0,117000	0,0000000		0,0420	0,0392	subkritik	
	11	0,52	0,1110				0,4092	0,3921	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1020				0,4910	0,4909	subkritik	
	13	0,56	0,0920				0,4910	0,5169	subkritik	
	14	0,58	0,0755				0,5777	0,6712	subkritik	
	15	0,60	0,0570				0,5456	0,7296	subkritik	
	16	0,62	0,0350				0,5456	0,9311	subkritik	
	17	0,64	0,0110				0,8184	2,4912	superkritik	
	18	0,66	0,0055				0,8928	3,8434	superkritik	
	19	0,67	0,0050	0,005000	0,0000000		0,9820	4,4341	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0055	0,005576	0,0000765		0,8928	3,8434	superkritik	
	21	0,87	0,0055	0,006111	0,0006105		0,8928	3,8434	superkritik	
	22	0,97	0,0055	0,006643	0,0006433		0,8928	3,8434	superkritik	
	23	1,07	0,0060	0,007179	0,0003207		0,8184	3,3731	superkritik	
	24	1,17	0,0075	0,007724	0,0072765		0,6547	2,4136	superkritik	
	25	1,27	0,0150	0,008282	0,0072180		0,3273	0,8533	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	26	1,37	0,0155	0,008863	0,0071370		0,3168	0,8124	subkritik	
	27	1,47	0,0160	0,009479	0,0070210		0,3069	0,7746	subkritik	
	28	1,57	0,0165	0,010151	0,0068490		0,2976	0,7397	subkritik	
	29	1,67	0,0170	0,010922	0,0065777		0,2888	0,7073	subkritik	
	30	1,77	0,0175	0,011922	0,0060778		0,2806	0,6772	subkritik	
	31	1,87	0,0180	0,015172	0,0038279		0,2728	0,6492	subkritik	
	32	1,97	0,0190	0,013822	0,0066783		0,2584	0,5986	subkritik	
	33	2,07	0,0205	0,011647	0,0103534		0,2395	0,5341	subkritik	
	34	2,17	0,0220	0,013379	0,0096208		0,2232	0,4804	subkritik	
	35	2,27	0,0230	0,020647	0,0023533		0,2135	0,4494	subkritik	
	36	2,37	0,0230	0,020520	0,0024797		0,2135	0,4494	subkritik	
	37	2,47	0,0230	0,020390	0,0203903		0,2135	0,4494	subkritik	

**Tabel L-2. 23 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman  
Hulu 0,13 m**

Mercu Ogee 4											
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran	
0,13	1	0,05	0,1300	0,124006	0,0059940	0,001010	0,0777	0,0688	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	2	0,10	0,1300	0,124005	0,0059945		0,0777	0,0688	subkritik		
	3	0,15	0,1300	0,124005	0,0059951		0,0777	0,0688	subkritik		
	4	0,20	0,1300	0,124004	0,0059956		0,0777	0,0688	subkritik		
	5	0,25	0,1300	0,124004	0,0059961		0,0777	0,0688	subkritik		
	6	0,30	0,1300	0,124003	0,0059967		0,0777	0,0688	subkritik		
	7	0,35	0,1300	0,124003	0,0059972		0,0777	0,0688	subkritik		
	8	0,40	0,1300	0,124002	0,0059978		0,0777	0,0688	subkritik		
	9	0,45	0,1300	0,124002	0,0059983		0,0777	0,0688	subkritik		
	10	0,50	0,1240	0,124000	0,0000000		0,0815	0,0739	subkritik		
	11	0,52	0,1180				0,5316	0,4941	subkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat	
	12	0,54	0,1070				0,6734	0,6573	subkritik		
	13	0,56	0,0950				0,7770	0,8049	subkritik		
	14	0,58	0,0825				0,6517	0,7244	subkritik		
	15	0,60	0,0645				0,6122	0,7696	subkritik		
	16	0,62	0,0420				0,6313	0,9835	subkritik		
	17	0,64	0,0115				1,5540	4,6267	superkritik		
	18	0,66	0,0090				1,1224	3,7772	superkritik		
	19	0,67	0,0085	0,008500	0,0000000		1,1884	4,1154	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	20	0,77	0,0090	0,009011	0,0004885		1,1224	3,7772	superkritik		
	21	0,87	0,0095	0,009467	0,0000331		1,0633	3,4830	superkritik		
	22	0,97	0,0095	0,009921	0,0004208		1,0633	3,4830	superkritik		
	23	1,07	0,0095	0,010374	0,0008743		1,0633	3,4830	superkritik		
	24	1,17	0,0095	0,010828	0,0013283		1,0633	3,4830	superkritik		
	25	1,27	0,0095	0,011284	0,0012840		1,0633	3,4830	superkritik		
	26	1,37	0,0100	0,011742	0,0017424		1,0101	3,2251	superkritik		
	27	1,47	0,0100	0,012205	0,0022047		1,0101	3,2251	superkritik		
	28	1,57	0,0100	0,012672	0,0026724		1,0101	3,2251	superkritik		
	29	1,67	0,0100	0,013147	0,0026472		1,0101	3,2251	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	30	1,77	0,0105	0,013631	0,0026307		0,9620	2,9975	superkritik		
	31	1,87	0,0110	0,014125	0,0026254		0,9183	2,7954	superkritik		
	32	1,97	0,0115	0,014634	0,0118659		0,8784	2,6151	superkritik		
	33	2,07	0,0265	0,015160	0,0133396		0,3812	0,7476	subkritik		
	34	2,17	0,0285	0,015709	0,0142907		0,3544	0,6703	subkritik		
	35	2,27	0,0300	0,016288	0,0147123		0,3367	0,6207	subkritik		Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	36	2,37	0,0310	0,016906	0,0145941		0,3258	0,5909	subkritik		
	37	2,47	0,0315	0,017581	0,0139193		0,3207	0,5769	subkritik		
	38	2,57	0,0315	0,018343	0,0131567		0,3207	0,5769	subkritik		
	39	2,67	0,0315	0,019266	0,0192657		0,3207	0,5769	subkritik		

**Tabel L-2. 24 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman  
Hulu 0,14 m**

Mercu Ogee 4											
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran	
0,14	1	0,05	0,1400	0,131512	0,0084877	0,001577	0,1126	0,0961	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	2	0,10	0,1400	0,131511	0,0084888		0,1126	0,0961	subkritis		
	3	0,15	0,1400	0,131510	0,0084899		0,1126	0,0961	subkritis		
	4	0,20	0,1400	0,131509	0,0084910		0,1126	0,0961	subkritis		
	5	0,25	0,1400	0,131508	0,0084921		0,1126	0,0961	subkritis		
	6	0,30	0,1400	0,131507	0,0084932		0,1126	0,0961	subkritis		
	7	0,35	0,1400	0,131506	0,0084943		0,1126	0,0961	subkritis		
	8	0,40	0,1400	0,131505	0,0084953		0,1126	0,0961	subkritis		
	9	0,45	0,1380	0,131504	0,0064964		0,1142	0,0982	subkritis		
	10	0,50	0,1315	0,131500	0,0000000		0,1199	0,1056	subkritis		
	11	0,52	0,1260				0,5839	0,5252	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat	
	12	0,54	0,1155				0,6709	0,6302	subkritis		
	13	0,56	0,1030				0,7507	0,7468	subkritis		
	14	0,58	0,0870				0,7883	0,8532	subkritis		
	15	0,60	0,0680				0,7883	0,9651	subkritis		
	16	0,62	0,0450				0,8297	1,2488	superkritis		
	17	0,64	0,0245				0,8085	1,6491	superkritis		
	18	0,66	0,0140				1,1261	3,0386	superkritis		
	19	0,67	0,0130	0,013000	0,0000000		1,2127	3,3958	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	20	0,77	0,0140	0,013485	0,0005149		1,1261	3,0386	superkritis		
	21	0,87	0,0140	0,013896	0,0001042		1,1261	3,0386	superkritis		
	22	0,97	0,0140	0,014307	0,0003068		1,1261	3,0386	superkritis		
	23	1,07	0,0140	0,014718	0,0007185		1,1261	3,0386	superkritis		
	24	1,17	0,0140	0,015131	0,0011313		1,1261	3,0386	superkritis		
	25	1,27	0,0140	0,015546	0,0015457		1,1261	3,0386	superkritis		
	26	1,37	0,0140	0,015962	0,0019622		1,1261	3,0386	superkritis		
	27	1,47	0,0140	0,016381	0,0023814		1,1261	3,0386	superkritis		
	28	1,57	0,0140	0,016804	0,0028038		1,1261	3,0386	superkritis		
	29	1,67	0,0140	0,017230	0,0032300		1,1261	3,0386	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan	
	30	1,77	0,0140	0,017661	0,0036607		1,1261	3,0386	superkritis		
	31	1,87	0,0140	0,018097	0,0030968		1,1261	3,0386	superkritis		
	32	1,97	0,0150	0,018539	0,0025391		1,0510	2,7398	superkritis		
	33	2,07	0,0160	0,018989	0,0024887		0,9853	2,4870	superkritis		
	34	2,17	0,0165	0,019447	0,0029467		0,9555	2,3748	superkritis		
	35	2,27	0,0165	0,019915	0,0034145		0,9555	2,3748	superkritis		
	36	2,37	0,0165	0,020394	0,0018940		0,9555	2,3748	superkritis		
	37	2,47	0,0185	0,020887	0,0013871		0,8522	2,0003	superkritis		
	38	2,57	0,0195	0,021397	0,0008965		0,8085	1,8485	superkritis		
	39	2,67	0,0205	0,021926	0,0004256		0,7690	1,7149	superkritis		
	40	2,77	0,0215	0,022479	0,0080211		0,7333	1,5966	superkritis		
	41	2,87	0,0305	0,023063	0,0084374		0,5169	0,9450	subkritis		
	42	2,97	0,0315	0,023686	0,0088143		0,5005	0,9003	subkritis		Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	43	3,07	0,0325	0,024362	0,0101379		0,4851	0,8591	subkritis		
	44	3,17	0,0345	0,025116	0,0103841		0,4570	0,7855	subkritis		
	45	3,27	0,0355	0,025995	0,0105046		0,4441	0,7525	subkritis		
	46	3,37	0,0365	0,027133	0,0093669		0,4319	0,7218	subkritis		
	47	3,47	0,0365	0,029544	0,0069555		0,4319	0,7218	subkritis		
	48	3,57	0,0365	0,021776	0,0217765		0,4319	0,7218	subkritis		

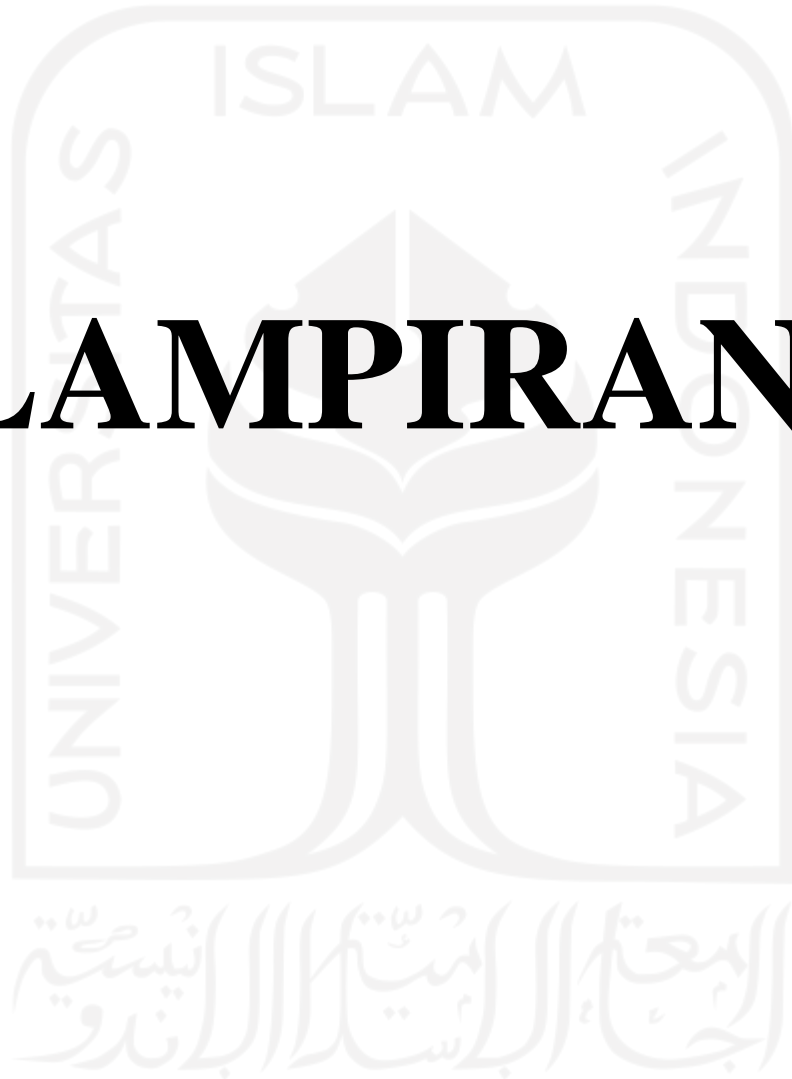
**Tabel L-2. 25 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman  
Hulu 0,15 m**

Mercu Ogee 4										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
0,15	1	0,05	0,1500	0,140522	0,0094781	0,002324	0,1549	0,1277	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	2	0,10	0,1500	0,140520	0,0094800		0,1549	0,1277	subkritis	
	3	0,15	0,1500	0,140518	0,0094819		0,1549	0,1277	subkritis	
	4	0,20	0,1500	0,140516	0,0094838		0,1549	0,1277	subkritis	
	5	0,25	0,1500	0,140514	0,0094857		0,1549	0,1277	subkritis	
	6	0,30	0,1500	0,140512	0,0094876		0,1549	0,1277	subkritis	
	7	0,35	0,1500	0,140510	0,0094895		0,1549	0,1277	subkritis	
	8	0,40	0,1485	0,140509	0,0079915		0,1565	0,1297	subkritis	
	9	0,45	0,1470	0,140507	0,0064934		0,1581	0,1316	subkritis	
	10	0,50	0,1405	0,140500	0,0000000		0,1654	0,1409	subkritis	
	11	0,52	0,1350				0,6455	0,5609	subkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Cepat
	12	0,54	0,1250				0,7042	0,6359	subkritis	
	13	0,56	0,1125				0,7619	0,7253	subkritis	
	14	0,58	0,0960				0,8013	0,8257	subkritis	
	15	0,60	0,0760				0,8299	0,9612	subkritis	
	16	0,62	0,0550				0,8013	1,0909	superkritis	
	17	0,64	0,0290				0,9683	1,8153	superkritis	
	18	0,66	0,0175				1,3279	3,2049	superkritis	
	19	0,67	0,0165	0,016500	0,0000000		1,4084	3,5006	superkritis	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	20	0,77	0,0170	0,016965	0,0000354		1,3670	3,3473	superkritis	
	21	0,87	0,0170	0,017342	0,0003416		1,3670	3,3473	superkritis	
	22	0,97	0,0170	0,017718	0,0007183		1,3670	3,3473	superkritis	
	23	1,07	0,0170	0,018095	0,0010951		1,3670	3,3473	superkritis	
	24	1,17	0,0170	0,018472	0,0014722		1,3670	3,3473	superkritis	
	25	1,27	0,0170	0,018850	0,0018496		1,3670	3,3473	superkritis	
	26	1,37	0,0170	0,019228	0,0022277		1,3670	3,3473	superkritis	
	27	1,47	0,0180	0,019607	0,0016066		1,2910	3,0723	superkritis	
	28	1,57	0,0190	0,019987	0,0009865		1,2231	2,8330	superkritis	
	29	1,67	0,0200	0,020368	0,0003677		1,1619	2,6232	superkritis	
	30	1,77	0,0200	0,020750	0,0007505		1,1619	2,6232	superkritis	
	31	1,87	0,0200	0,021135	0,0011349		1,1619	2,6232	superkritis	
	32	1,97	0,0200	0,021521	0,0015215		1,1619	2,6232	superkritis	
	33	2,07	0,0200	0,021910	0,0019103		1,1619	2,6232	superkritis	
	34	2,17	0,0205	0,022302	0,0018017		1,1336	2,5278	superkritis	
	35	2,27	0,0215	0,022696	0,0011961		1,0809	2,3535	superkritis	
	36	2,37	0,0225	0,023094	0,0005937		1,0328	2,1983	superkritis	
	37	2,47	0,0235	0,023495	0,0000050		0,9889	2,0595	superkritis	
	38	2,57	0,0260	0,023900	0,0020995		0,8938	1,7697	superkritis	
	39	2,67	0,0260	0,024310	0,0016895		0,8938	1,7697	superkritis	
	40	2,77	0,0280	0,024726	0,0032745		0,8299	1,5836	superkritis	
	41	2,87	0,0280	0,025146	0,0028537		0,8299	1,5836	superkritis	
	42	2,97	0,0290	0,025573	0,0034266		0,8013	1,5024	superkritis	
	43	3,07	0,0290	0,026008	0,0029924		0,8013	1,5024	superkritis	
	44	3,17	0,0310	0,026450	0,0045503		0,7496	1,3593	superkritis	
	45	3,27	0,0325	0,026901	0,0055993		0,7150	1,2663	superkritis	
	46	3,37	0,0325	0,027362	0,0051381		0,7150	1,2663	superkritis	
	47	3,47	0,0335	0,027835	0,0056653		0,6937	1,2100	superkritis	
	48	3,57	0,0340	0,028321	0,0056794		0,6835	1,1835	superkritis	
	49	3,67	0,0345	0,028822	0,0056782		0,6736	1,1578	superkritis	

**Lanjutan Tabel L-2. 25 Rekapitulasi Data Analisis Mercu Ogee 4 pada kedalaman Hulu 0,15 m**

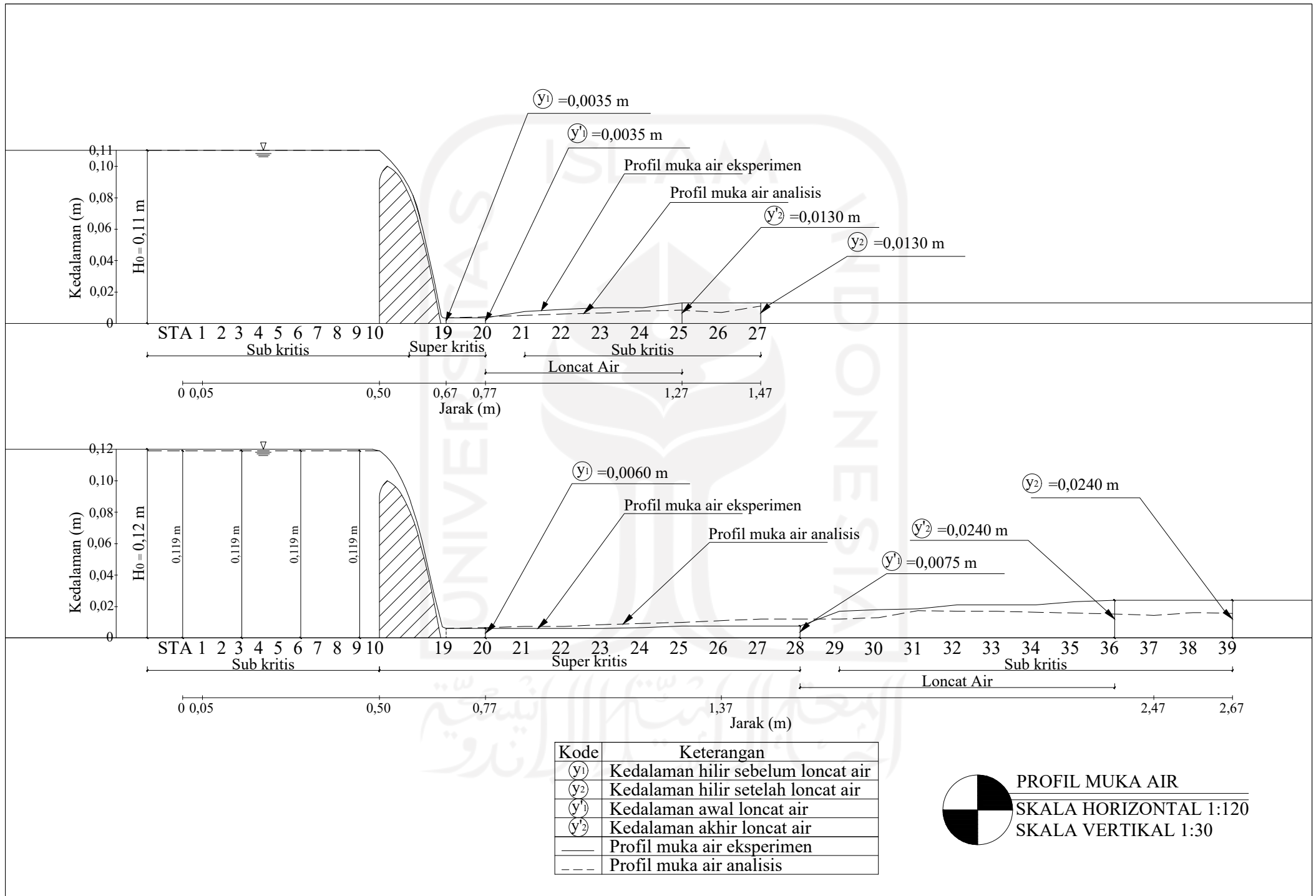
Mercu Ogee 4										
(Ho) (m)	Sta	Jarak (m)	Kedalaman Terukur (m)	Kedalaman Teoritis (m)	Selisih	Debit (m <sup>3</sup> /det)	v (m/det)	Fr	Jenis Aliran	Klasifikasi Aliran
	50	3,77	0,0355	0,029341	0,0061590		0,6546	1,1092	superkritik	Aliran Tetap Tidak Seragam Berubah Beraturan
	51	3,87	0,0365	0,029881	0,0066187		0,6367	1,0640	superkritik	
	52	3,97	0,0365	0,030447	0,0060529		0,6367	1,0640	superkritik	
	53	4,07	0,0410	0,031044	0,0099556		0,5668	0,8937	subkritik	
	54	4,17	0,0415	0,031682	0,0098184		0,5600	0,8776	subkritik	
	55	4,27	0,0425	0,032371	0,0101286		0,5468	0,8468	subkritik	
	56	4,37	0,0425	0,033135	0,0093652		0,5468	0,8468	subkritik	
	57	4,47	0,0425	0,034011	0,0084889		0,5468	0,8468	subkritik	
	58	4,57	0,0425	0,035093	0,0074070		0,5468	0,8468	subkritik	

# LAMPIRAN 3

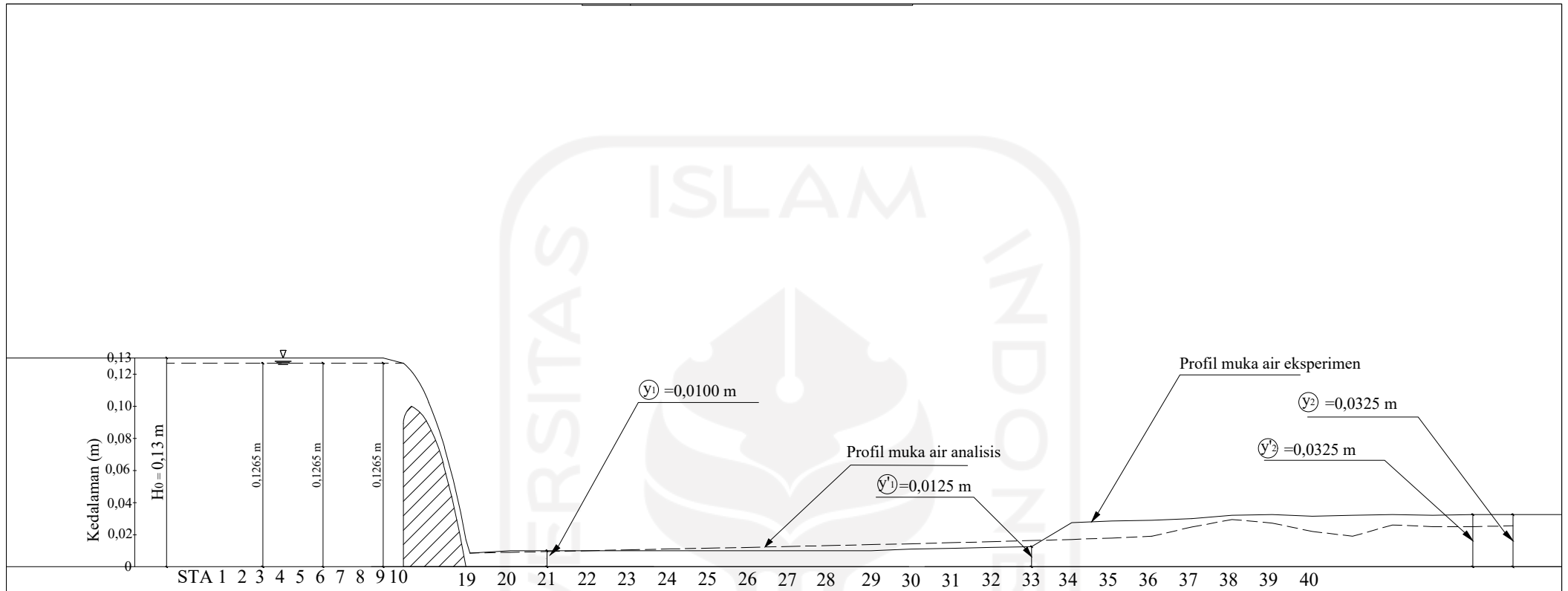




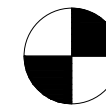
Gambar L-3.1 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 1 Pada  $H_0 = 0,11 \text{ m}$  dan  $0,12 \text{ m}$



Gambar L-3.1 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 1 Pada  $H_0 = 0,13$  m

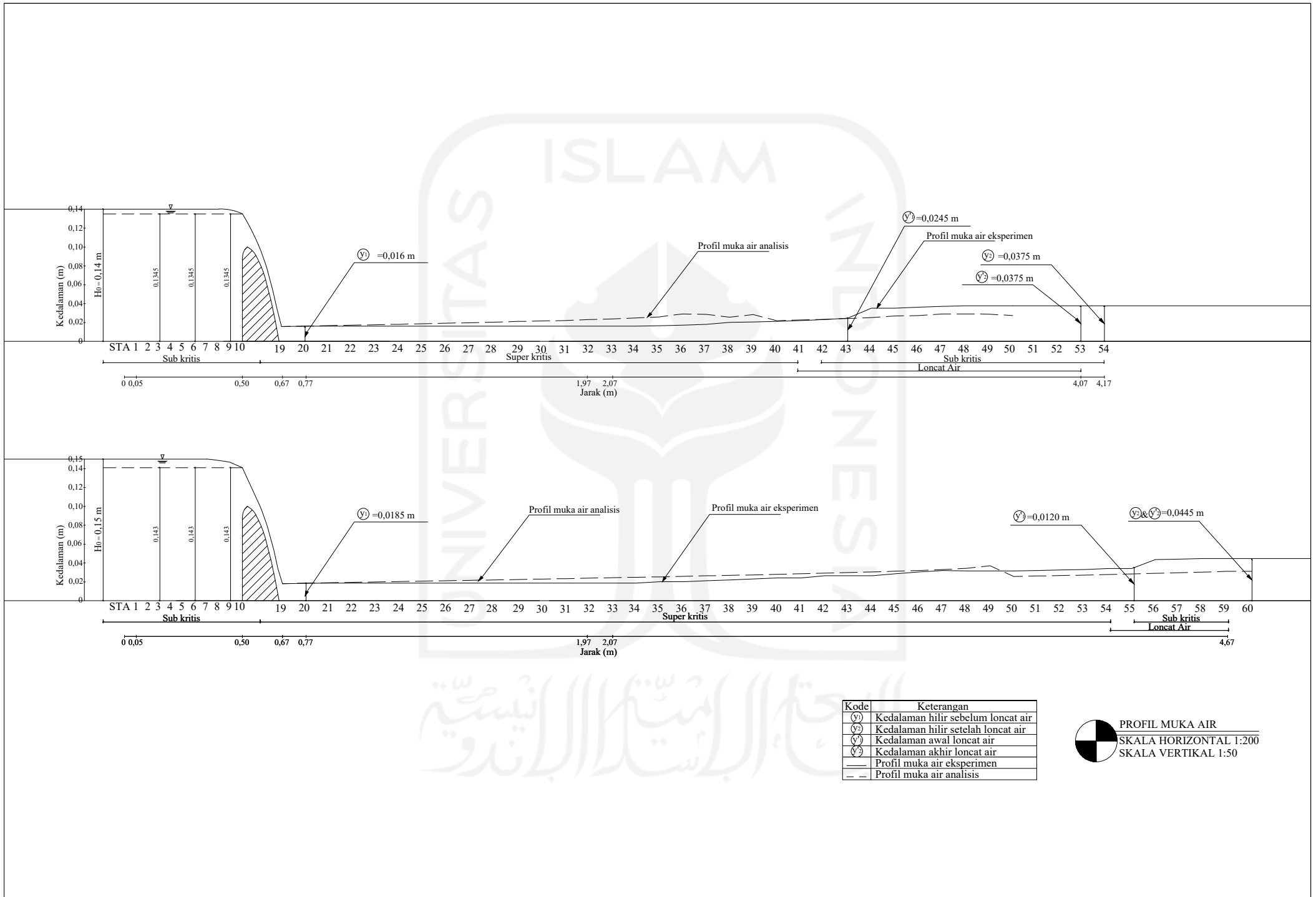


Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>1</sub> ')	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>2</sub> ')	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- -	Profil muka air analisis

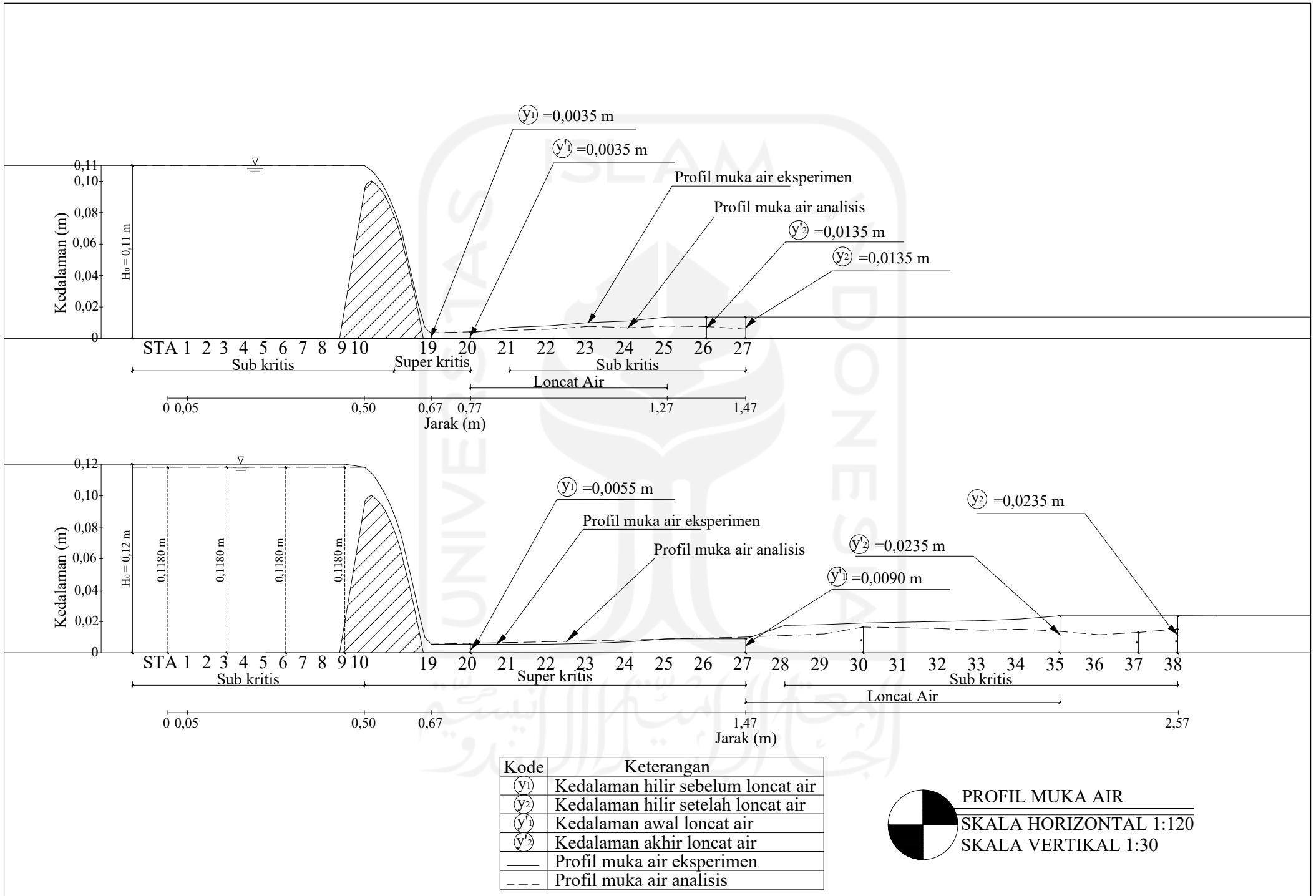


PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:140  
 SKALA VERTIKAL 1:35

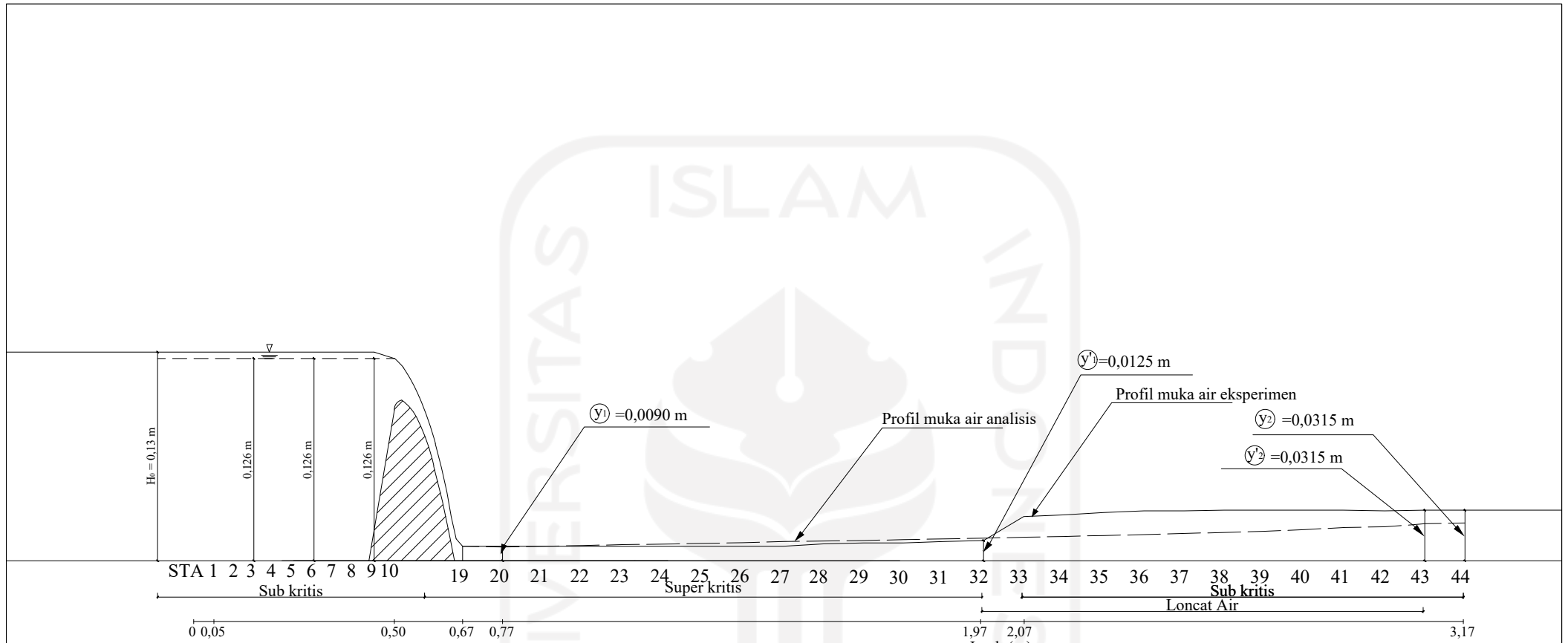
Gambar L-3.1 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 1 Pada  $H_0 = 0,14$  m dan  $0,15$  m



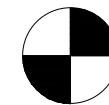
Gambar L-3.4 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 2 Pada  $H_0 = 0,11$  m dan  $0,12$  m



Gambar L-3.5 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 2 Pada  $H_0 = 0,13$  m

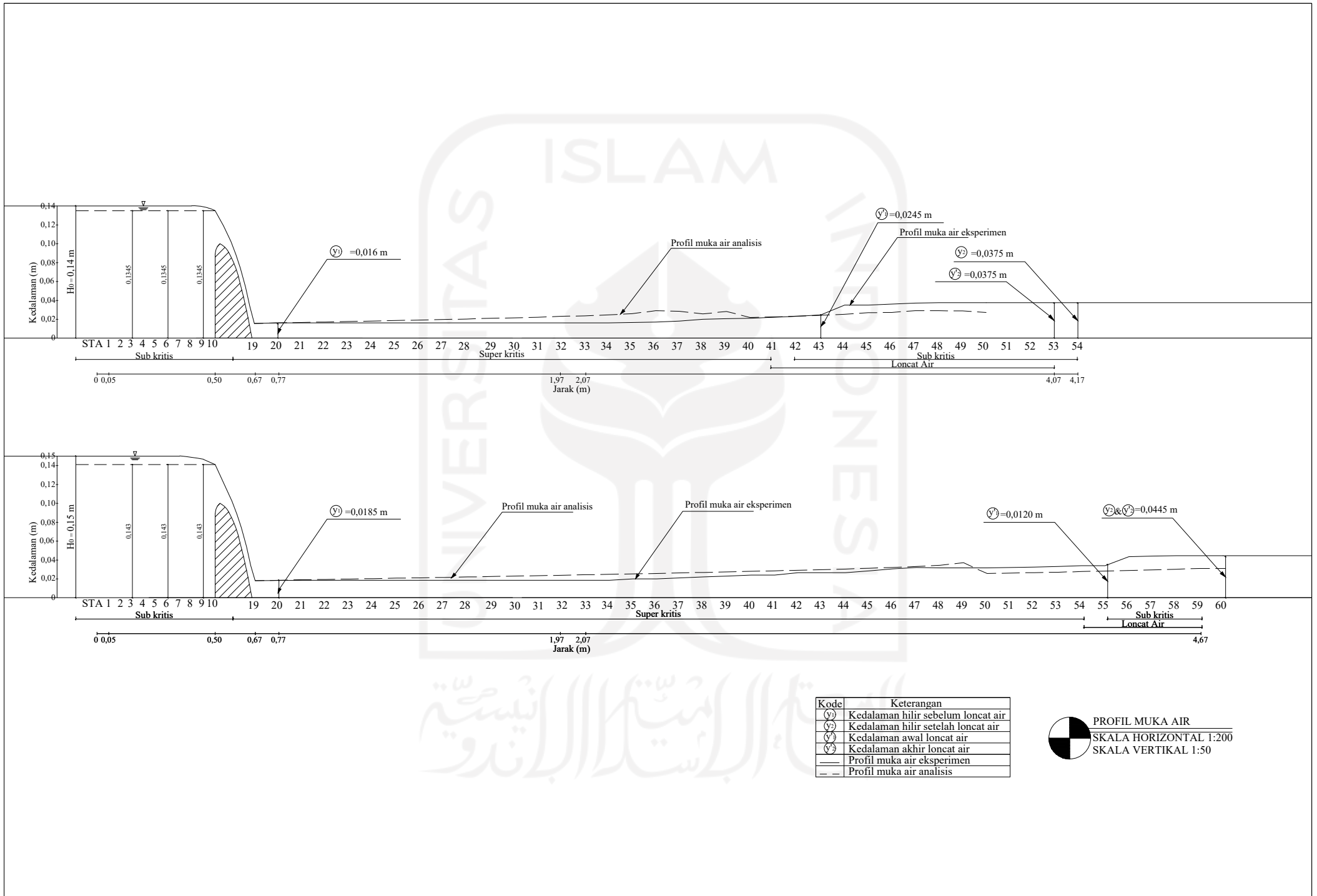


Kode	Keterangan
$(y_1)$	Kedalaman hilir sebelum loncat air
$(y_2)$	Kedalaman hilir setelah loncat air
$(y'_1)$	Kedalaman awal loncat air
$(y'_2)$	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- -	Profil muka air analisis

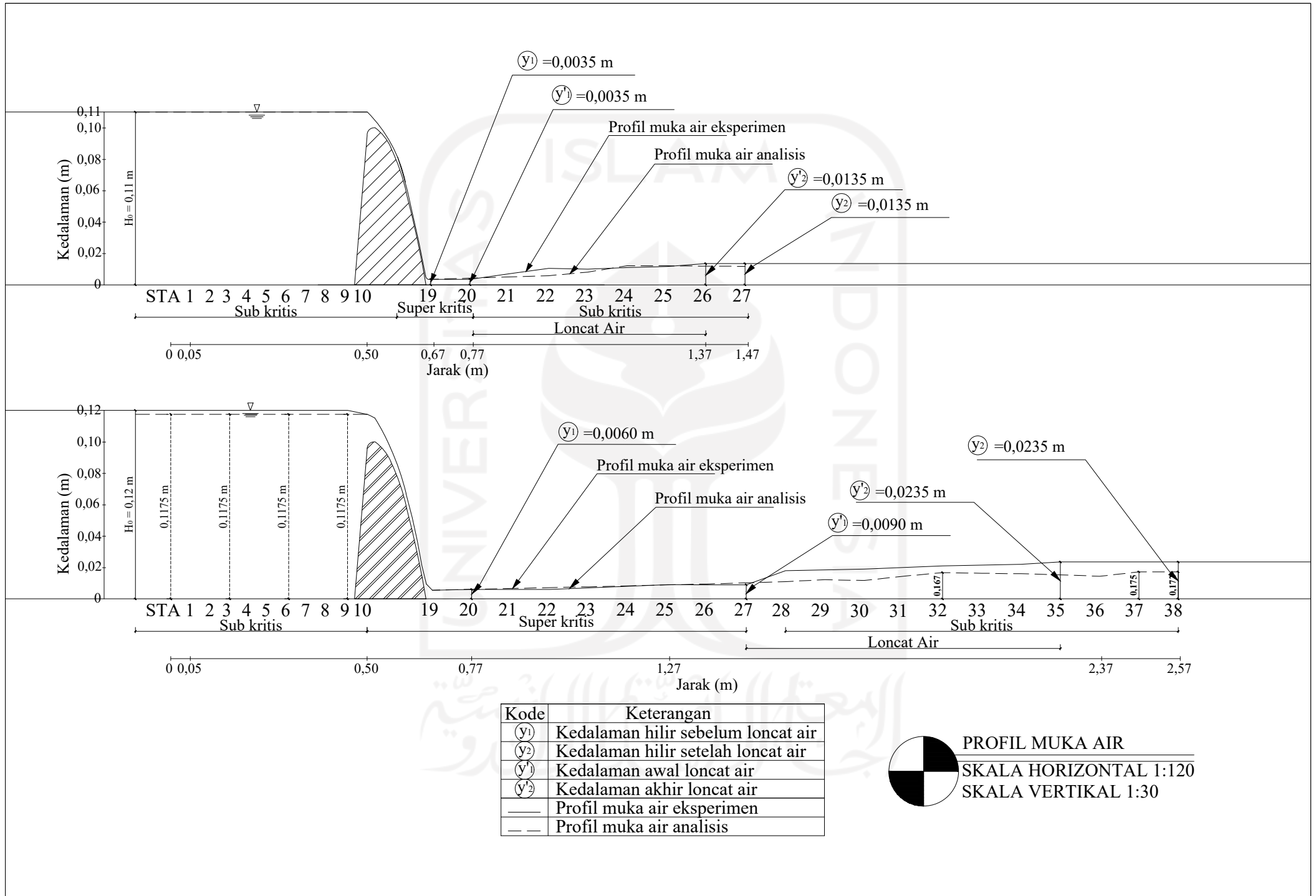


PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:140  
 SKALA VERTIKAL 1:35

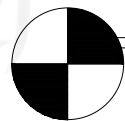
Gambar L-3.6 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 2 Pada  $H_0 = 0,14$  m dan  $0,15$  m



Gambar L-3.7 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 3 Pada  $H_0 = 0,11$  m dan  $0,12$  m

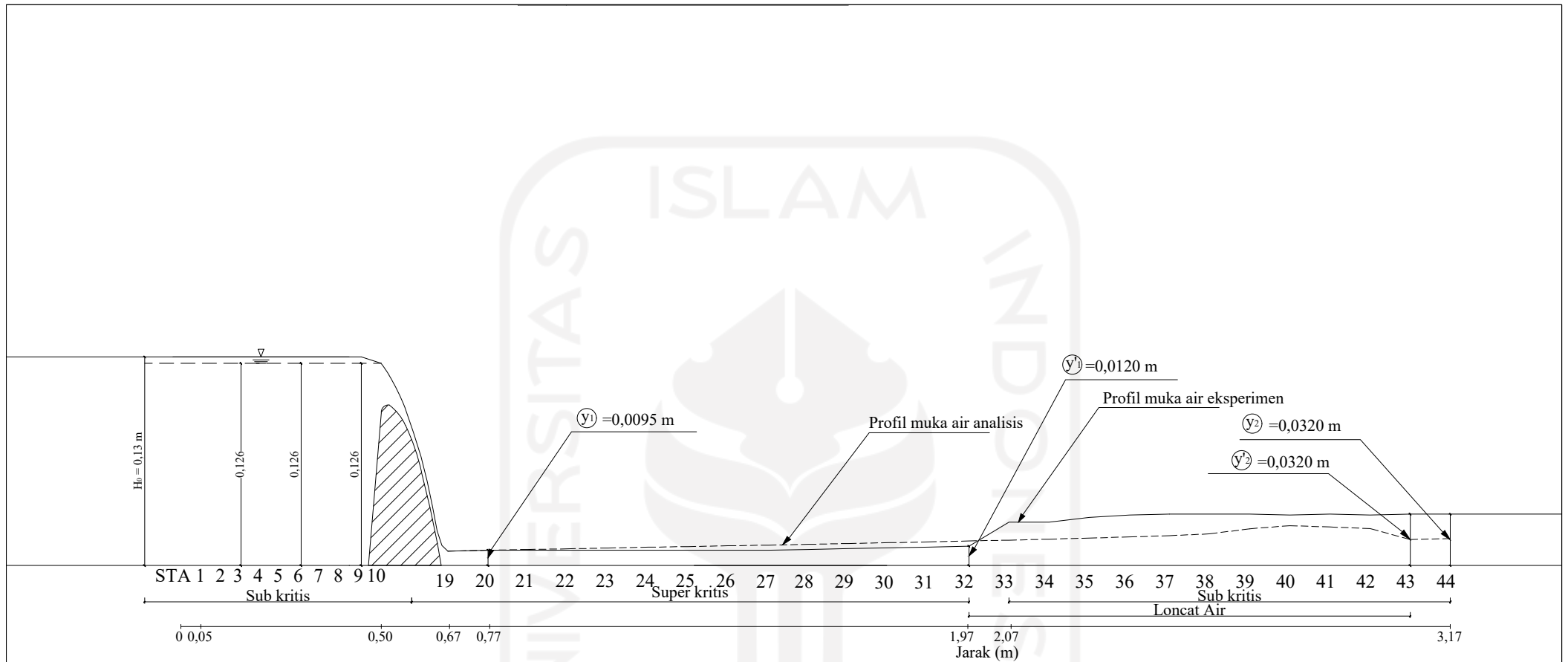


Kode	Keterangan
( $y_1$ )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
( $y_2$ )	Kedalaman hilir setelah loncat air
( $y'_1$ )	Kedalaman awal loncat air
( $y'_2$ )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- - -	Profil muka air analisis

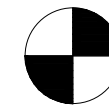


PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:120  
 SKALA VERTIKAL 1:30

Gambar L-3.8 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 3 Pada  $H_0 = 0,13$  m



Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>3</sub> )	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>4</sub> )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
----	Profil muka air analisis



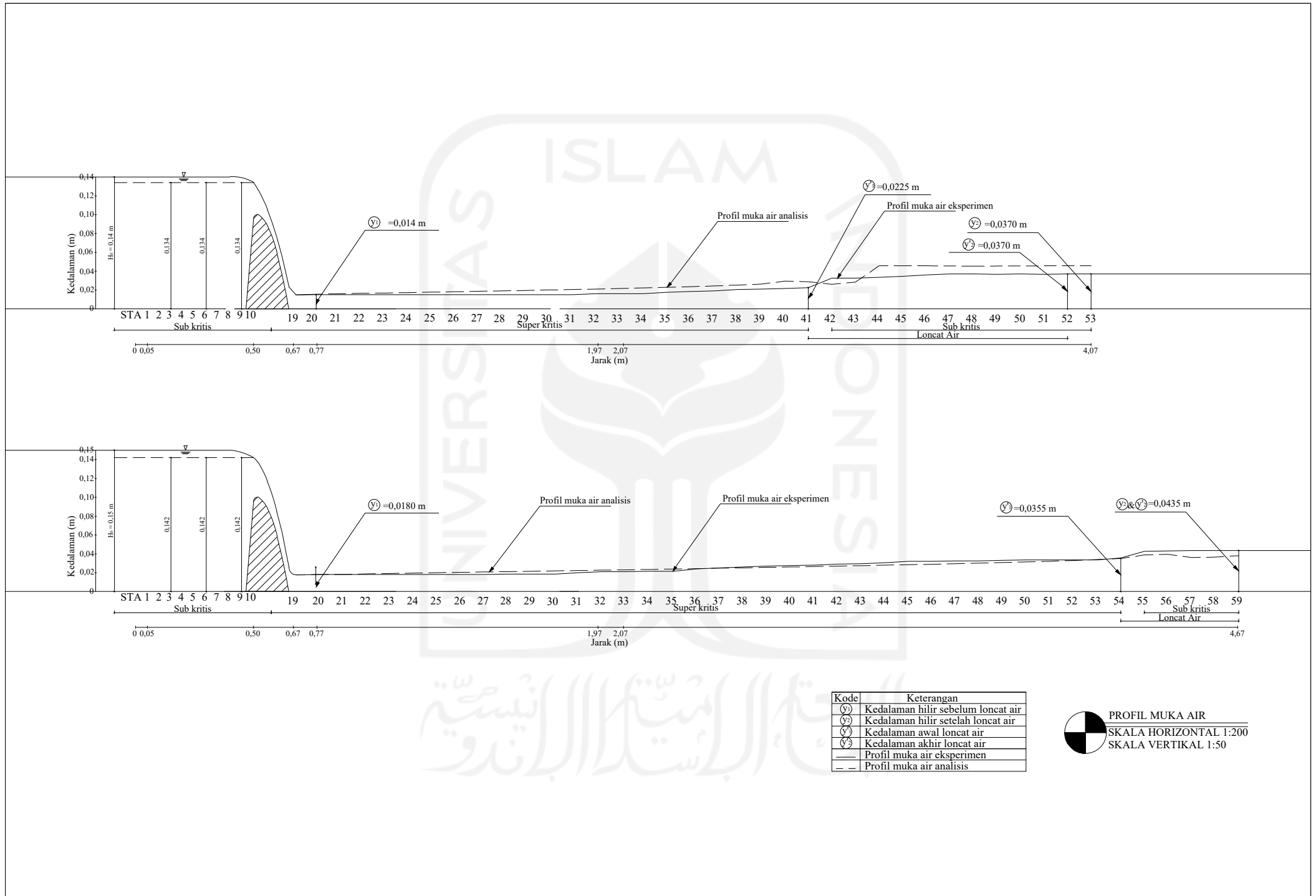
PROFIL MUKA AIR

SKALA HORIZONTAL 1:140


SKALA VERTIKAL 1:35



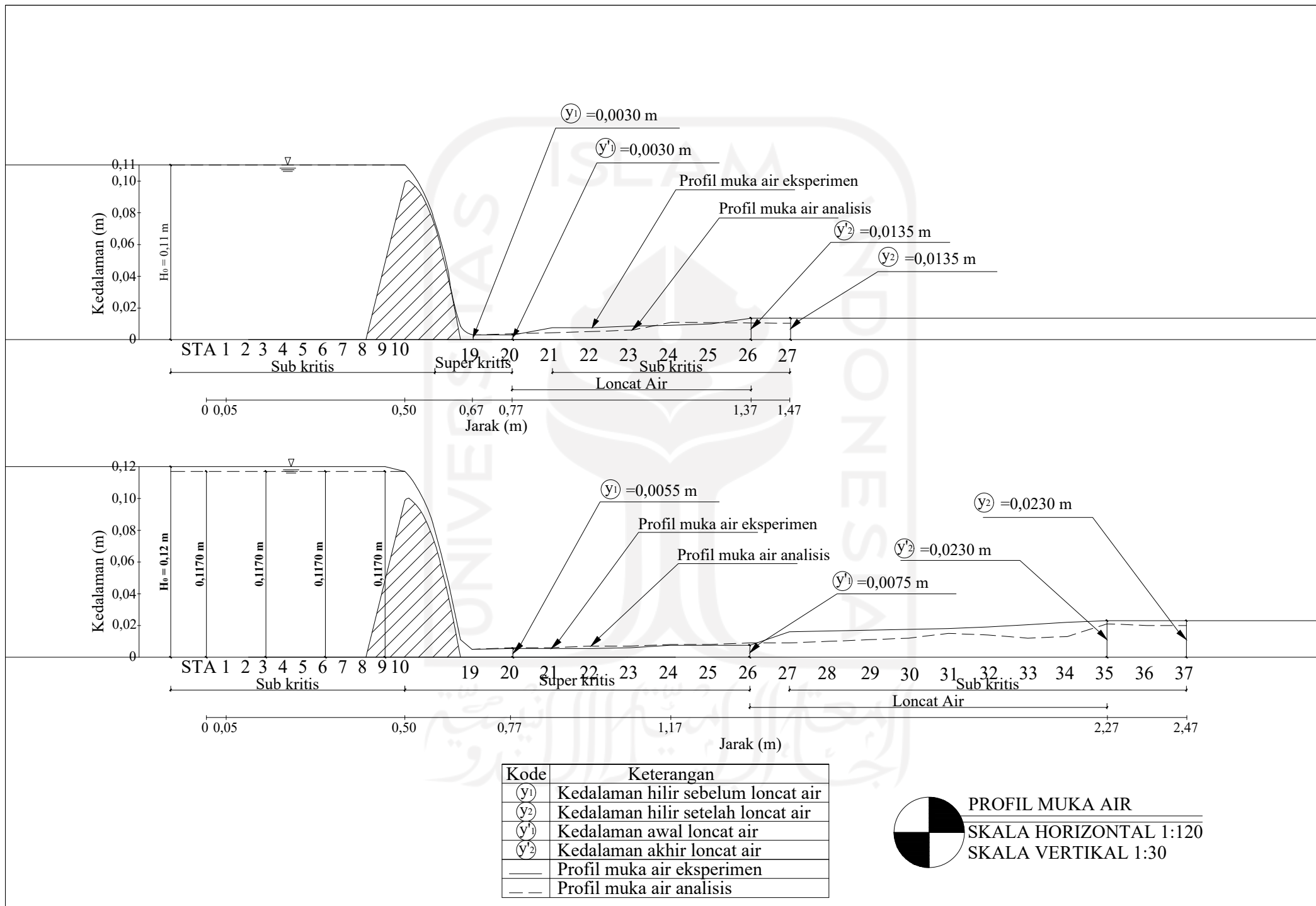
Gambar L-3.9 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 3 Pada  $H_0 = 0,14$  m dan  $0,15$  m



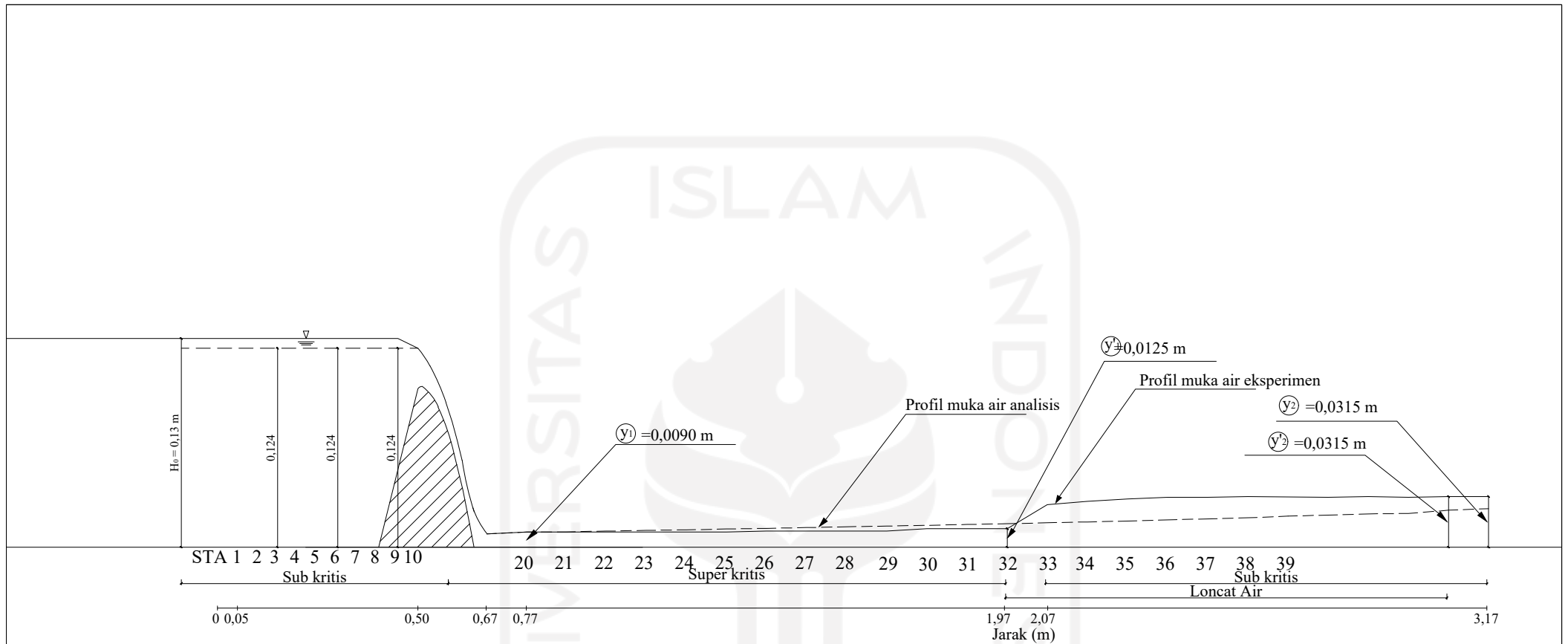
Kode	Keterangan
( $\odot$ )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
( $\odot$ )	Kedalaman hilir setelah loncat air
( $\odot$ )	Kedalaman awal loncat air
( $\odot$ )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- -	Profil muka air analisis


**PROFIL MUKA AIR**  
 SKALA HORIZONTAL 1:200  
 SKALA VERTIKAL 1:50

Gambar L-3.10 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercu Ogee 4 Pada  $H_0 = 0,11$  m dan  $0,12$  m



Gambar L-3.11 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercuri Ogee 4 Pada  $H_0 = 0,13$  m



Kode	Keterangan
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman hilir sebelum loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman hilir setelah loncat air
(y <sub>1</sub> )	Kedalaman awal loncat air
(y <sub>2</sub> )	Kedalaman akhir loncat air
—	Profil muka air eksperimen
- -	Profil muka air analisis



PROFIL MUKA AIR  
 SKALA HORIZONTAL 1:140  
 SKALA VERTIKAL 1:35

Gambar L-3.12 Profil Muka Air Eksperimen dan Analisis Mercuri Ogee 4 Pada  $H_0 = 0,14$  m dan  $0,15$  m

