



TESIS RC - 142501

ANALISA HIDRAULIK ALIRAN PADA UJI MODEL FISIK EKSPERIMENTAL KOLAM OLAK BERPENAMPANG MAJEMUK

AGUSTINUS HARYANTO PATTIRAJA

3113205004

Dosen Pembimbing :

Dr.techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dr. Ir. Edijatno., CES, DEA

PROGRAM STUDI MAGISTER

BIDANG MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER DAYA AIR

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2015



TESIS RC - 142501

**HYDRAULIC FLOW ANALYSIS ON PHYSICAL MODEL
TEST EXPERIMENTALLY OF COMPOUND STILLING
BASIN**

AGUSTINUS HARYANTO PATTIRAJA

3113205004

Supervisor :

Dr.techn. Umboro Lasminto, ST., M.Sc.

Dr. Ir. Edijatno., CES, DEA

**MAGISTER PROGRAM
WATER RESOURCES ENGINEERING AND MANAGEMENT
DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

ANALISA HIDRAULIK ALIRAN PADA UJI MODEL FISIK EKSPERIMENTAL KOLAM OLAK BERPENAMPANG MAJEMUK

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

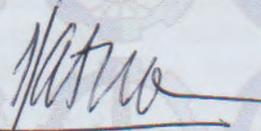
oleh :
AGUSTINUS HARYANTO PATTIRAJA
NRP.3113205004

Tanggal Ujian : 22 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015

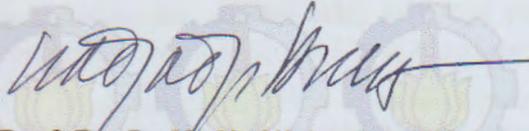
Disetujui oleh :


1. **Dr. Techn. Umhoro Lasminto, ST, MSc**
NIP 1972120202 199802 1 001

(Pembimbing 1)


2. **Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA**
NIP 19520311 198003 1 003

(Pembimbing 2)


3. **Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc**
NIP 19540113 198010 1 001

(Penguji)


4. **Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc**
NIP 19610927 198701 1 001

(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT.
NIP.19640405 199002 1 001

ANALISA HIDRAULIK ALIRAN PADA UJI MODEL FISIK EKSPERIMENTAL KOLAM OLAK BERPENAMPANG MAJEMUK

Nama Mahasiswa : Agustinus Haryanto Pattiraja
NRP : 3113 205 004
Dosen Pembimbing : 1. Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
2. Dr. Ir. Edijatno.CES, DEA

ABSTRAK

Kolam olak merupakan bangunan peredam energi yang berbentuk kolam, yang prinsip peredaman energinya sebagian besar terjadi akibat proses pergesekan di antara molekul-molekul air, sehingga timbul olakan-olakan di dalam kolam tersebut. Tipe kolam olak yang paling sering digunakan adalah tipe USBR, namun pada beberapa kondisi alam tipe ini mengalami kendala dalam penerapannya sehingga dimodifikasi yaitu dengan membuat elevasi lantai kolam olak yang tidak sama antara dasar tepi dan tengah kolam olak sehingga menjadi kolam olak berpenampang ganda atau majemuk. Model kolam olak tipe ini dianggap cukup efektif dalam melakukan peredaman energi karena air tidak hanya mengalir ke arah longitudinal (arah utama) saluran, tetapi terjadi juga aliran sekunder yang arahnya transversal ke dalam kolam olak utama.

Untuk mengetahui lebih dalam tentang pengaruh model kolam olak tipe majemuk terhadap proses peredaman energi maka dilakukan analisa hidraulik aliran terhadap model tersebut. Model kolam olak dibuat dalam 4 skenario percobaan dan diuji dalam 3 kondisi hilir yaitu tanpa sekat, sekat 5 cm, dan sekat 10 cm. Skenario percobaan beberapa variasi yaitu dengan model tipe datar atau skenario 1, model dengan ketinggian elevasi salah satu tepi yang naikan setinggi 0,1 m atau skenario 2, 0,2 m atau skenario 3, dan 0,3 m atau skenario 4.

Hasil pengujian yang dilakukan pada uji model fisik menunjukan semakin tinggi sisi tepi kolam olak semakin baik performa model dalam meredam energi aliran. Namun pada beberapa kondisi performa model tidak cukup baik meredam energi aliran dibandingkan dengan model kolam olak tipe datar. Sedangkan pada uji model matematik performa peredaman semakin baik terjadi hanya pada kondisi hilir dengan sekat setinggi 5 cm dan kondisi hilir setinggi 10 cm. Sehingga untuk korelasi ke 2 model uji tersebut secara keseluruhan tidak memiliki korelasi, sehingga model matematik yang telah dibuat perlu dilakukan penyempurnaan.

Kata kunci: Kolam olak, Kolam Olak Berpenampang Majemuk, Analisa Hidraulik, Korelasi model.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

HYDRAULIC FLOW ANALYSIS ON PHYSICAL MODEL TEST EXPERIMENTALLY OF COMPOUND STILLING BASIN

By : Agustinus Haryanto Pattiraja
Student Identity Number : 3113 205 004
Supervisor : 1. Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc
2. Dr. Ir. Edijatno.CES, DEA

ABSTRACT

Stilling Basin is an energy absorbers building with a basin shaped which has a principle of energy reduction that mostly occurs as a result of the friction between molecules of the water. Consequently, it can be seen that fluctuation will occur into the basin. The most usable Stilling Basin is USBR type, even though in the wide variety of nature condition this type tends to have several problems when it is applied. Therefore, it has been modified by making a different elevations between base and middle edge of the basin. These modification make basin as a compound or double section stilling basin. This type of stilling basin is considered as an effective form to reduce energy because water does not flow to longitudinal direction (main channel), however, the other secondary flow also occurs and its flows are transversal to the main stilling basin.

To deep understand the effect of compound stilling basin regarding its proses of absorbing energy, then hydraulic flow is being analyzed to this model. The model of stilling basin is made into four scenarios, and it is tested into three downstream conditions without partition, 5 cm partition, and 10 cm partition. Testing scenarios have several variations, such as flat type model or scenario 1, height elevation from one edge that leveled up 0,1m of scenario2, 0,2m for scenario 3, and the last is 0,3m for scenario 4.

The result of physical model shown higher edge of basin will enhance model perform to absorb flowing energy. Even, in several condition its perform is not really good to absorb flowing energy compare to flat type stilling basin. On the other hand, mathematical model test of absorbing shown better result only in downstream condition with 5cm partition and 10 cm of downstream condition. Hence, to correlate both of two model test, generally, do not have any correlation, further, mathematical model that have been made is necessary need to improve.

Keyword: Stilling Basin, Compound Stilling Basin, Hydraulic Analysis, Correlation model.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmad dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun Tesis ini dengan judul "Analisa Hidraulik Aliran Pada Uji Model Fisik Eksperimental Kolam Olak Berpenampang Majemuk". Adapun pembuatan Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis dalam rangka penyelesaian studi di Program Studi Pascasarjana S2 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama proses penyusunan Tesis ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, bantuan, dukungan dan do'a dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar - besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas semua berkat dan rahmat-Nya.
2. Kedua orang tua, Bapak Gregorius Tata dan Ibu Elisabeth Seko selaku orang tua yang telah selalu mendoakan , menemani dan mensupport yang tidak pernah putus asa sehingga Tesis ini selesai.
3. DIKTI yang telah memberikan beasiswa, sehingga penulis mampu menyelesaikan program studi pascasarjana ini dengan baik.
4. Bapak Dr. Techn. Umboro Lasminto, ST, M.Sc selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dan memeberi saran sehingga Thesis ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Dr. Ir. Edijatno, CES, DEA selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan memberikan saran, waktunya dalam menyelesaikan Tesis ini.
6. Bapak Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
7. Semua saudara dan Keluarga, terima kasih atas dukungan dan selalu mendoakan.
8. Seluruh teman-teman MRSA ITS 2013, terima kasih atas kebersamaannya, kegilaanya selama kuliah dua tahun ini, semoga kembali dipertemukan dalam keadaan sehat dan sukses.
9. Pak Wardoto, Pak Merlejan dan Alm. Pak Agus, yang telah membantu semua keperluan selama penelitian di Laboratorium Keairan Dan Pantai Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya.
10. Karyawan dan staff Jurusan Teknik Sipil dan Pascasarjana Teknik Sipil yang telah membantu dalam menyelesaikan persyaratan akademis.

11. Semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas kerjasamanya dan bantuan doanya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tesis ini banya terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk penyempurnaan Tesis ini.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HAL JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Hipotesa.....	6
1.6. Batasan Masalah	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Terdahulu.....	7
2.2. Kecepatan Aliran.....	8
2.3. Energi Pada Aliran	9
2.4. Kriteria Untuk Aliran Kritis, Subkritis, Dan Superkritis	9

2.4.1	Aliran Kritis.....	11
2.4.1	Aliran Subkritis Dan Superkritis	12
2.5.	Teori Loncatan Hidrolik.....	13
2.6.	Kolam Olak	14
2.7.	Konsep Hivel 2D.....	17
BAB III METODOLOGI		
3.1.	Rancangan Penelitian	21
3.2.	Tahapan Penelitian	22
3.4.	Diagram Alir	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1.	Proses Pelaksanaan Uji Model Fisik.....	33
4.2.	Analisa Hasil Uji Model Fisik.....	47
4.2.1	Analisa Titik Tinjau 1	60
4.2.2	Analisa Titik Tinjau 12	65
4.3.	Proses Pelaksanaan Uji Model Matematik.....	70
4.4.	Perbandingan Hasil Model Fisik Dan Hasil Model Matematik	79
BAB V KESIMPULAN		
5.1.	Kesimpulan	89
5.2.	Saran	90
	DAFTAR PUSTAKA.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Datar Dalam Skenario 1 .	35
Tabel 4.2 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 10 cm Dalam Skenario 2.....	38
Tabel 4.3 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 20 cm Dalam Skenario 3.....	41
Tabel 4.4 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 30 cm Dalam Skenario 4.....	44
Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Tanpa Sekat Pada Titik Tinjau 1.....	63
Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 5 Cm Pada Tititk Tinjau 1	63
Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 10 Cm Pada Titik Tinjau 1	64
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Tanpa Sekat Pada Titik Tinjau 12.....	68
Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 5 Cm Pada Tititk Tinjau 12.....	68
Tabel 4.10 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 10 Cm Pada Tititk Tinjau 12.....	69
Tabel 4.11 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Tanpa Sekat.....	73
Tabel 4.12 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Sekat 5 cm.....	75
Tabel 4.13 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Sekat 10 cm.....	77

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Model Fisik Kolam Olak Bendung Watumloso	3
Gambar 1.2 Model Potongan Melintang Kolam Olak Tipe Majemuk	3
Gambar 1.3 Model Potongan Melintang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Salah Satu Sisi Tepi Dinaikan.....	3
Gambar 2.1 Pembagian Penampang Vetikal Saluran.....	9
Gambar 2.2 Tinggi Energi Dalam Saluran Terbuka Lambat Laun	10
Gambar 2.3 Kurva Energi Spesifik	11
Gambar 2.4 Kolam Olak USBR-I (atas kiri), USBR-II (atas kanan), USBR-III (bawah kiri), dan USBR-IV (bawah kanan)	15
Gambar 3.1 Foto Flume.....	22
Gambar 3.2 Model Saluran Atau Flume.....	24
Gambar 3.3 Kolam Olak USBR Dengan Ruang Olak Datar.....	25
Gambar 3.4 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,2 Z.....	25
Gambar 3.5 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,4 Z.....	26
Gambar 3.6 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,6 Z.....	26
Gambar 3.7 Skema Peralatan	27
Gambar 3.8 Model Hilir Variasi Tanpa Sekat.....	28
Gambar 3.9 Model Hilir Variasi Sekat Setinggi 5 Cm.....	28
Gambar 3.10 Model Hilir Variasi Sekat Setinggi 10 Cm.....	28
Gambar 3.11 Diagram Alir.....	32
Gambar 4.1 Foto Pengamatan Tinggi Muka Air	34
Gambar 4.2 Profil Memanjang Kolam Olak Dengan Titik Pengamatan.....	34
Gambar 4.3 Profil Melintang Kolam Olak	35

Gambar 4.4	Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Datar (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm	36
Gambar 4.5	Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Datar (Skenario 1)	37
Gambar 4.6	Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 10 cm (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm	39
Gambar 4.7	Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 10 cm (Skenario 2).....	40
Gambar 4.8	Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 20 cm (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm	42
Gambar 4.9	Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 20 cm (Skenario 3).....	43
Gambar 4.10	Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 30 cm (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm	45
Gambar 4.11	Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 20 cm (Skenario 3).....	46
Gambar 4.12	Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Tanpa Sekat	47
Gambar 4.13	Grafik Ketinggian Muka Air Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat	48
Gambar 4.14	Grafik Kecepatan Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat.....	49
Gambar 4.15	Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat.....	50
Gambar 4.16	Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Tanpa Sekat	51
Gambar 4.17	Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Sekat 5 cm	52
Gambar 4.18	Grafik Ketinggian Muka Air Rata-Rata Pada Variasi Sekat 5 cm	52
Gambar 4.19	Grafik Kecepatan Rata-Rata Pada Variasi Sekat 5 cm.....	53
Gambar 4.20	Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Sekat 5 cm	54

Gambar 4.21 Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Sekat 5 cm	55
Gambar 4.22 Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Sekat 10 cm	56
Gambar 4.23 Grafik Ketinggian Muka Air Rata-Rata Pada Variasi Sekat 10 cm	56
Gambar 4.24 Grafik Kecepatan Rata-Rata Pada Variasi Sekat 10 cm	57
Gambar 4.25 Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Sekat 10 cm	58
Gambar 4.26 Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Sekat 10 cm	59
Gambar 4.27 Grafik Hubungan Tinggi Sisi Tepi Dengan Ketinggi Muka Air Dalam Variasi Hilir Pada Titik P1.....	60
Gambar 4.28 Foto Aliran Pada Kolam Olak Berpenampang Majemuk.....	66
Gambar 4.29 Grafik Hubungan Tinggi Sisi Tepi Dengan Ketinggi Muka Air Dalam Variasi Hilir Pada Titik P12.....	67
Gambar 4.30 Transformasi Model Matematik	71
Gambar 4.31 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Tanpa Sekat (Model Matematik).....	74
Gambar 4.32 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Pada Kondisi Hilir Sekat 5 cm (Model Matematik).....	76
Gambar 4.33 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Pada Kondisi Hilir Sekat 5 cm (Model Matematik).....	78
Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Tanpa Sekat).....	80
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Tanpa Sekat).....	80
Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Tanpa Sekat).....	81
Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Sekat 5 cm).....	82

Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Sekat 5 cm).....	83
Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Sekat 5 cm).....	84
Gambar 4.40 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Sekat 10 cm).....	85
Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Sekat 10 cm).....	86
Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Sekat 10 cm).....	86

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peredam energi adalah suatu bangunan yang dibuat untuk meredusir energi yang terdapat dalam aliran dengan kecepatan tinggi, dimana aliran tersebut mampu menimbulkan gerusan. Sebelum aliran air yang telah melintasi bangunan pelimpah dikembalikan lagi ke dalam sungai, maka aliran dengan kecepatan yang tinggi dalam kondisi super-kritis tersebut harus diperlambat dan dirubah menjadi kondisi aliran sub-kritis. Aliran dengan kecepatan tinggi yang terjadi pada tubuh pelimpah adalah akibat perubahan perbedaan tinggi antara hulu dan hilir tubuh pelimpah yang cukup tinggi, sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan pada kecepatan aliran dimana kecepatan aliran menjadi lebih besar dari kecepatan rambat gelombang, aliran ini kemudian disebut aliran super-kritis.

Pistiwa perubahan dari aliran sub-kritis menjadi super-kritis atau sebaliknya dalam rentang jarak yang cukup pendek disebut fenomena lokal (Anggrahini, 1996). Fenomena ini terjadi karena terjadi perubahan bentuk penampang atau perubahan dasar saluran secara drastis dalam jarak yang pendek. Pada fenomena lokal aliran super-kritis yang datang mempunyai energi yang mampu menggerus dan merusak seperti pada bagian hilir pelimpah dan sungai. Dengan demikian kandungan energi dengan daya penggerus yang sangat kuat yang timbul dalam aliran tersebut harus direduksi hingga mencapai tingkat yang normal kembali, agar kecepatan aliran menjadi lebih kecil dari kecepatan rambat gelombang atau yang disebut aliran sub-kritis. Hal ini dilakukan dengan membuat sebuah konstruksi peredam energi, sehingga aliran tersebut kembali ke dalam sungai tanpa membahayakan kestabilan alur sungai yang bersangkutan (Sosrodarsono Suyono, 1981). Bentuk hidrolis dari peredam energi merupakan suatu bentuk pertemuan antara penampang miring, penampang lengkung, dan penampang lurus agar dapat meredam kecepatan air yang tinggi. Ketika aliran super-kritis yang datang, dan kemudian direduksi oleh peredam energi agar

menjadi aliran sub-kritis dimana kecepatannya akan berkurang dan tidak merusak, maka akan terjadi loncatan hidraulik. Sehingga dapat dikatakan bahwa bagian terpenting dari sebuah bangunan peredam energi adalah pengendalian terhadap loncatan hidrolis.

Peredam energi tipe kolam olak merupakan suatu bangunan peredam energi yang berbentuk kolam, dimana prinsip peredaman energinya yang sebagian besar terjadi akibat proses pergesekan di antara molekul-molekul air, sehingga timbul olakan-olakan didalam kolam tersebut. Salah satu dari beberapa tipe kolam olak yang paling sering digunakan dengan pertimbangan angka Froude yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dan gaya gravitasi adalah kolam olak USBR. Tipe kolam olak ini adalah berbentuk datar dimana terjadinya peredam energi yang terkandung dalam aliran air yaitu dengan benturan secara langsung aliran tersebut ke atas permukaan dasar kolam yang datar. Benturan yang langsung tersebut menghasilkan peredaman energi yang cukup tinggi, namun pada beberapa kasus perlengkapan-perlengkapan lainnya guna penyempurnaan peredaman diperlukan pada kolam olak tipe ini.

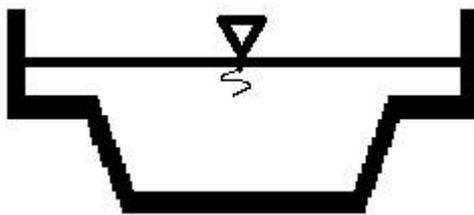
Pada beberapa kasus pembangunan kolam olak USBR mengalami beberapa kendala seperti ruang olaknya yang menjadi sangat panjang karena bentuk peredamnya yang datar dan kesulitan pada proses pembuatan ruang olaknya yang datar pada wilayah aliran sungai dengan struktur tanah dengan batu keras. Pada lokasi dengan struktur tanah dengan batu keras seperti di wilayah Jawa Timur bagian selatan, akan mempersulit pekerjaan dalam pembuatan ruang olaknya karena membutuhkan biaya yang sangat mahal untuk proses penggalian. Contoh kasus pembangunan kolam olak USBR yaitu pada wilayah aliran sungai dengan struktur tanah dengan batu keras adalah pada pembangunan Bendung Watumloso dan Bendung Karangdoro di Kabupaten Banyuwangi Provinsi Jawa Timur. Pada kasus Bendung Watumloso jenis kolam olak yang digunakan adalah kolam olak USBR tipe III, namun pada perencanaan pembangunannya mengalami kendala yaitu perlu adanya penggalian pada wilayah dasar sungai bagian tepi kiri dan kanan agar dapat membuat bentuk kolam olak yang datar, sementara struktur tanah pada wilayah tersebut adalah struktur tanah dengan batu keras sehingga

mengakibatkan biaya pembangunan menjadi sangat mahal dan memakan waktu yang lama akibat proses penggalian. Maka untuk mengurangi pengeluaran biaya penggalian yang sangat mahal dan mempersingkat waktu pekerjaan pada lokasi tersebut, bentuk kolam olak yang ada dimodifikasi dengan membuat elevasi lantai kolam olak yang digunakan sebagai peredam energi tidak sama antara dasar tepi dan tengah kolam olak (Gambar 1.1).



Gambar 1.1 Model Fisik Kolam Olak Bendung Watumloso.

Elevasi dasar saluran bantaran lebih tinggi dari elevasi dasar sungai utama, sehingga menghasilkan bangunan kolam olak dengan penampang ganda yang disebut kolam olak berpenampang majemuk seperti pada Gambar 1.2 (Model potongan melintang kolam olak tipe majemuk).

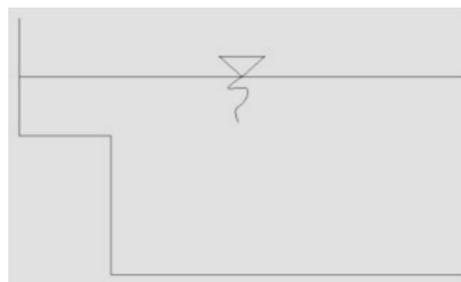


Gambar 1.2 Model Potongan Melintang Kolam Olak Tipe Majemuk.

Pada kolam olak dengan bentuk penampang majemuk dimana elevasi dasar saluran bantaran lebih tinggi dari elevasi dasar sungai utama, air tidak hanya mengalir ke arah longitudinal (arah utama) saluran tetapi terjadi juga aliran

sekunder yang arahnya transversal ke dalam kolam olak utama. Sehingga model kolam olak tipe ini cukup efektif dalam melakukan peredaman energi. Namun karena masih terbatasnya referensi tentang pengembangan model kolam olak tipe ini menyebabkan kajian pada lokasi Bendung Watumloso masih bersifat kondisional, dimana perencanaan model disesuaikan dengan kondisi pada wilayah tersebut saja. Maka perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang model kolam olak tipe ini, agar dapat mengetahui perilaku hidraulik yang terjadi pada kolam olak yang ada akibat pembuatan model kolam olak berpenampang majemuk dan dapat menjadi referensi untuk perencanaan-perencanaan kolam olak tipe majemuk pada lokasi-lokasi yang lain.

Pada penelitian yang akan dilakukan yaitu dengan menganalisa hidraulik aliran pada model kolam olak USBR dan model pengembangannya menjadi model majemuk, agar dapat mengetahui pengaruh perubahan penampang kolam olak terhadap perilaku hidraulik yang terjadi, sehingga dapat mengetahui secara pasti gambaran efektifitas dan kinerja kolam olak tipe majemuk. Namun model yang dibuat dalam penelitian ini hanya menaikan salah satu sisi tepi dari ruang olak, hal ini disebabkan oleh ukuran flume yang kecil sehingga untuk menghindari pengaruh biasan air pada ke 2 sisi tepi seperti pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Model Potongan Melintang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Salah Satu Sisi Tepi Dinaikan.

Uji model yang akan dilakukan untuk model kolam olak tipe majemuk merupakan variasi pengembangan model dari kolam olak yang sederhana yaitu kolam olak USBR. Hal ini dilakukan sebab model kolam olak adalah model kolam olak USBR dengan ruang olak berbentuk datar tanpa tambahan pelengkap seperti gigi pemencar aliran, gigi benturan, dan ambang perata aliran, sehingga

variasi peralihan bentuk menjadi kolam olak tipe majemuk lebih mudah dikembangkan dan dianalisa. Pengujian terhadap model dilakukan dengan 2 cara yaitu uji model fisik dan uji model matematik dengan bantuan program komputer. Uji model fisik dan uji model matematik dibagi menjadi 4 skenario yang setiap skenario akan saling berhubungan sehingga dapat memberikan gambaran perubahan bentuk atau dimensi kolam olak. Skenario-skenario tersebut yaitu skenario 1 melakukan uji terhadap kolam olak tipe datar, skenario 2 melakukan uji terhadap variasi kolam olak tipe datar dengan menaikan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi $0,2 Z$, skenario 3 melakukan uji terhadap variasi kolam olak USBR dengan menaikan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi $0,3 Z$, dan skenario ke 4 melakukan uji terhadap variasi kolam olak USBR dengan menaikan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi $0,6 Z$ (Z adalah ketinggian terjunan) . Hasil dari proses pengujian ke dua model tersebut akan dilihat bagaimana korelasi antara ke 2 hasil uji, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan dan penerapan model kolam olak berpenampang majemuk.

1.2 Rumusan Masalah

- 1) Bagaimana pengaruh perbedaan tinggi dasar kolam olak sekunder dan primer atau tinggi sisi tepi kolam olak terhadap hidraulik aliran pada kolam olak bertipe majemuk?
- 2) Bagaimana hasil perbandingan terhadap uji model fisik dan uji model matematik untuk variabel terukur yaitu ketinggian muka air pada kolam olak berpenampang majemuk ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari studi yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh bentuk model terhadap hidraulik yang terjadi pada kolam. Dan mengetahui korelasi atau hubungan hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik, sehingga dapat menjadi bahan masukan atau rekomendasi dalam pengembangan atau penerapan model kolam olak berpenampang majemuk

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui perilaku aliran yang terjadi pada kolam olak tipe majemuk, sehingga dapat dijadikan referensi dalam perencanaan dan penerapan kolam olak tipe majemuk terutama pada wilayah dengan struktur tanah berbatu keras. Manfaat lain yang diharapkan juga agar mendapatkan model kolam olak yang efektif dan efisien sehingga menghemat biaya pembangunan dan mengurangi bangunan tambahan untuk proteksi tebing dan dasar sungai dari gerusan namun dapat tetap berfungsi dengan optimal.

1.5 Hipotesa

Model kolam olak dengan tipe majemuk dapat meredam energi air lebih baik dari kolam olak berpenampang datar sehingga dapat lebih efisien atau lebih murah dalam proses pembangunannya dan lebih efektif dalam meredam energi air karena memiliki ruang olak ganda.

1.6 Batasan Masalah

- 1) Penelitian yang dilakukan adalah penelitian experimental.
- 2) Penelitian yang dilakukan berupa uji model terhadap model kolam olak tipe datar yang dimodifikasi sisi tepi kolam olaknya sehingga membentuk kolam olak majemuk.
- 3) Analisa dalam penelitian difokuskan pada kolam olak utama.
- 4) Penelitian uji model fisik dilakukan di laboratorium menggunakan saluran yang didesain menggunakan akrilik. Sedangkan uji model matematik menggunakan program komputer SMS (Surface Water Modeling System).
- 5) Pembuatan model uji matematika mengikuti hasil model uji fisik.
- 6) Pada uji model yang dilakukan tidak menggunakan pelimpah sehingga aliran air langsung diterjunkan melalui saluran terjunan, hal ini dikarenakan adanya pertimbangan dari ukuran flume dan ukuran model kolam olak yang kecil.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan studi-studi terdahulu mengenai kolam olak USBR dan pengembangannya, serta referensi tentang teori-teori yang dapat mendukung analisa hidraulik aliran yang akan dilakukan terhadap kolam olak USBR berpenampang majemuk. Teori-teori yang akan dibahas meliputi bagian-bagian hidraulik aliran meliputi kecepatan aliran, energi pada aliran, bilangan froude dan tipe aliran, loncatan hidrolis, konsep dasar perencanaan kolam olak tipe konvensional, dan dasar teori pada model matematika yang digunakan pada program SMS model Hivel 2d. Dengan mempelajari teori-teori yang ada diharapkan penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan sesuai dengan rencana.

2.1 Studi Terdahulu

- Vittal dan Al-Garni (1992) melakukan penelitian dengan memodifikasi kolam olak Type III dari USBR. Penelitian ini mengusulkan metode baru dalam perencanaan kolam olak.
- Verma dkk (1998), melakukan modifikasi dari kolam olak desain USBR untuk *Outletworks*. Selain itu juga melakukan penelitian peredam energi menggunakan Wedge Shaped Splitter Block untuk outlet pipa.
- Chairul Muharis dan Aguskar (2006), mengembangkan model peredam energi ganda yang berupa pelimpah yang digandakan sehingga dapat berfungsi sebagai peredam. Penelitian ini mengoptimalkan beda tinggi mercu dan kolam olak sehingga mendapatkan model peredam yang mampu meredam energi dengan baik.
- A. Alikhani, R. Behrozi-Rad dan M. Fathi-Moghadam (2009), melakukan studi terhadap pengembangan model *end sill* berbentuk vertikal atau tegak lurus dengan meninjau perilaku loncatan energi yang terjadi pada kolam olak.
- N. Narayana Pillai, Arun Goel dan Ashoke Kumar Dubey (2009), mengembangkan tipe kolam olak olak yang lebih efisien untuk bilangan

Froude yang kecil yaitu kurang dari 4,5. Sesuai ketentuan USBR jika bilangan Froude lebih kecil dari 4,5 maka dapat menggunakan kolam olak USBR tipe IV. Bentuk tipe IV yang ada kemudian dimodifikasi yaitu pada bentuk *bafel pier dan end sill*.

- Muhanad Mohammed abbas (2009), melakukan studi ekperimental pada kolam olak bendung Makhool yaitu dengan membuat 2 model kolam olak, model pertama yaitu model datar, dan model ke dua dengan membuat seperti bertangga pada bagian hulu kaki kolam olak.
- Prastumi (2009), melakukan kajian mengenai pengaruh variasi tipe peredam energi terhadap karakteristik hidrolika saluran pelimpah bendungan studi kasus pada uji model pelimpah bendungan Jehem- Bali.
- Penelitian pada model fisik dari perencanaan pelimpah bendung Watumloso dan bendung Karangdoro di Banyuwangi Jawa Timur (2009) pernah dilakukan di laboratorium Keairan dan Teknik Pantai Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS. Kedua bendung ini memiliki kolam olak dengan penampang yang berbeda antara palung sungai (sungai utama) dan bantaran sungai.

2.2 Kecepatan Aliran.

Pengukuran kecepatan aliran disaluran terbuka dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dari pengalaman yang didapat oleh US Geological Survey, kecepatan rata-rata ditentukan dengan membagi-bagi menjadi beberapa bagian vertikal penampang saluran yang ditunjuka pada gambar 2.1. Hasil pengukuran kecepatan tiap bagian vertikal tersebut kemudin dirata-rata. Harga rata-rata dari keceptan tiap-tiap bagian dikalikan dengan luas basah tiap-tiap bagian merupakan debit tiap-tiap bagian vertikal tersebut. Sedangkan debit total adalah jumlah debit dari bagia-bagian tersebut, kemudian kecepatan rata-rata aliran dapat dicari dari debit total dibagi luas penampang basah saluran yang ditunjuk pada persamaan 2.1 dan 2.2 (Anggrahini, 1996).

$$Q = A_1 \cdot \bar{u}_1 + A_2 \cdot \bar{u}_2 + \dots A_n \cdot \bar{u}_n \dots\dots\dots(2.1)$$

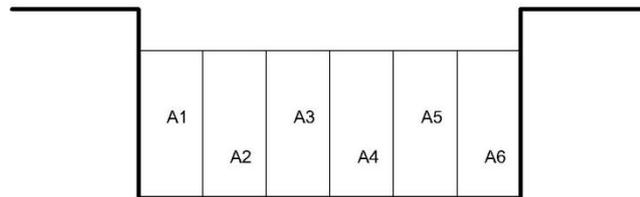
$$\bar{u} = Q/A \dots\dots\dots(2.2)$$

A merupakan luas penampang basah. Luas penampang basah untuk penampang persegi panjang (dalam penelitian yang dilakukan menggunakan saluran persegi panjang) adalah sebagai berikut :

$$A = B \times h \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- Q = Debit aliran (m³/detik)
- A = Luas penampang basah (m)
- \bar{u} = Kecepatan rata-rata aliran atau velocity (V) (m/detik)
- B = Lebar saluran (m)
- h = Tinggi muka air (m)



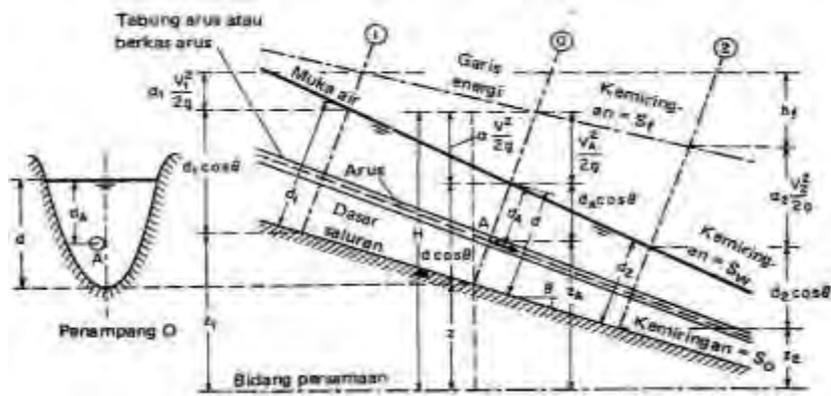
Gambar 2.1 Pembagian Penampang Vertikal Saluran.

2.3 Energi Pada Aliran.

Untuk menguraikan gerak aliran didalam suatu daerah aliran tertentu diperlukan suatu set persamaan-persamaan yang dapat diselesaikan dengan cara analitis atau numerik dengan menerapkan kondisi batas. Persamaan gerak untuk aliran dari cairan tidak berkekentalan dikenal dengan persamaan Euler. Integrasi dari persamaan Euler menghasilkan persamaan Bernoulli, suatu persamaan yang menghubungkan perubahan-perubahan tinggi kecepatan, tinggi tekanan, dan elevasi dari titik yang ditinjau di dalam aliran cairan tidak berkekentalan, atau cairan berkekentalan tetapi pengaruh kekentalan dapat diabaikan (Anggrahini, 1996).

Prinsip energi adalah jumlah energi tiap satuan berat dari setiap aliran yang melalui suatu penampang saluran yang 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,

1996). Maka jumlah energi pada sebuah saluran dengan kemiringan besar (seperti pada Gambar 2.2) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Tinggi Energi Dalam Saluran Terbuka Berubah Lambat Laun (Chow, VT, 1989).

$$H = z_A + d_A \cos \theta + \frac{V_A^2}{2g} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

H = tinggi energi total (*total head*) (m)

z_A = tinggi titik diatas bidang persamaan (m)

d_A = dalamnya titik A dibawah muka air diukur sepanjang saluran (m)

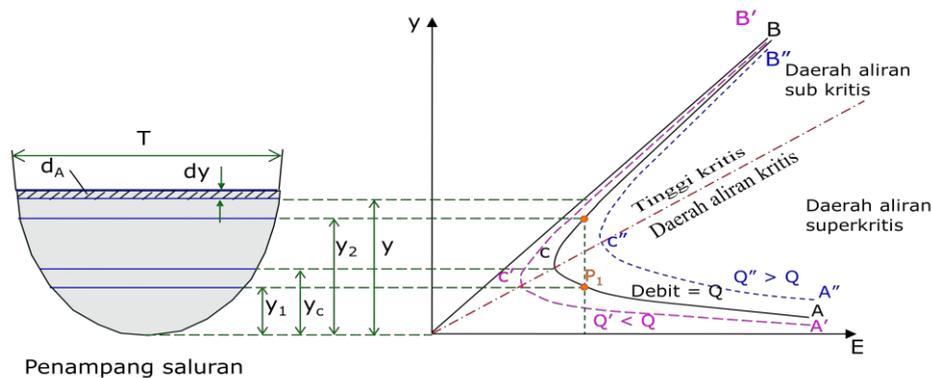
θ = sudut kemiringan dasar saluran

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

Menurut hukum ketetapan energi, jumlah tinggi energi di penampang 1 (di hulu) akan sama dengan tinggi energi di penampang 2 (di hilir) ditambah dengan tinggi h_f yaitu jumlah kehilangan tinggi energi antara dua penampang tersebut, maka persamaan dapat dituliskan sebagai berikut yaitu persamaan Bernoulli:

$$z_1 + d_1 \cos \theta + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + d_2 \cos \theta + \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2.5)$$

Energi yang bekerja pada suatu penampang saluran yang dinyatakan sebagai energi air pada tiap satuan berat di setiap penampang saluran, dan diukur terhadap dasar saluran disebut energi spesifik. Energi spesifik yang bekerja pada suatu penampang saluran ditunjukkan dalam kurva energi spesifik yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kurva Energi Spesifik

Persamaan energi spesifik adalah sebagai berikut :

$$E = d_A \cos \theta + \alpha \frac{V_A^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan α adalah koefisien energi ketika pembagian kecepatan tidak seragam sehingga besarnya tinggi energi untuk suatu penampang harus diberi koreksi. Nilai α juga dapat ditambahkan ke dalam persamaan Bernoulli sehingga persamaan yang ada akan menjadi :

$$z_1 + d_1 \cos \theta + \alpha \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + d_2 \cos \theta + \alpha \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

2.4 Kriteria Untuk Aliran Kritis, Subkritis, Dan Superkritis.

2.4.1 Aliran Kritis.

Aliran kritis adalah kondisi aliran dimana angka Froude (Fr) = 1. Apabila suatu debit tertentu dari suatu aliran energinya adalah minimum ($E = E_{min}$), maka hanya ada 1 harga untuk kedalaman $h = h_c$ (kedalaman kritis). Dari persamaan energi dengan kemiringan kecil dan $\alpha = 1$, energi spesifik hanya merupakan fungsi dari kedalaman air saja, $E = f(h)$.

$$E = h + \frac{Q^2}{2gA^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

Bilangan Froude pada kondisi tersebut ini dinyatakan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{\bar{u}}{\sqrt{gd}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana D adalah harga kedalaman hidraulik yaitu $\frac{A}{T}$. A adalah luas seluruh penampang basah aliran, dan T adalah luas bagian kecil penampang basah didekat permukaan atau lebar permukaan basah. Dengan kriteria tersebut diatas maka tempat kedudukan titik-titik dimana energi spesifiknya minimum merupakan tolok ukur keadaan aliran kritis.

Untuk saluran terbuka berpenampang persegi empat dengan lebar B , persamaan untuk aliran kritis dapat disederhanakan untuk mempermudah perhitungan. Apabila debit tiap satuan lebar dinyatakan dengan notasi q yaitu :

$$q = \frac{Q}{B} \dots\dots\dots(2.10)$$

dan kecepatan rata-rata aliran adalah :

$$\bar{u} = \frac{Q}{A} = \frac{q.B}{h.B} = \frac{q}{h} \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk penampang saluran segi empat kedalaman hidraulik :

$$D = \frac{A}{T} = \frac{h.B}{B} = h \text{ dalam (m)} \dots\dots\dots(2.12)$$

Maka untuk aliran kritis persamaan menjadi :

$$\frac{q}{hc} = \sqrt{gh_c}$$

$$\text{Atau } h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Perlu diingat bahwa persamaan ini hanya berlaku untuk aliran didalam saluran berpenampang segi empat saja.

Untuk Q tetap, penurunan E terhadap h menghasilkan :

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{Q^2 T}{gA^3} \frac{dA}{dh} \dots\dots\dots(2.14)$$

A adalah luas seluruh penampang basah aliran, sedangkan dA adalah luas bagian kecil dari penampang basah aliran tersebut.

2.4.2 Aliran Subkritis Dan Superkritis.

Aliran subkritis terjadi apabila angka Froude lebih kecil daripada satu, sedangkan aliran superkritis terjadi apabila angka Froude lebih besar daripada satu.

Pada aliran subkritis kedalaman aliran lebih besar daripada kedalaman kritis ($h > h_c$), dan kecepatan aliran lebih kecil daripada kedalaman kecepatan kritis ($u < u_c$). Sebaliknya, pada aliran super kritis kedalaman aliran lebih kecil daripada kedalaman kritis ($h < h_c$) dan kecepatan aliran lebih besar daripada kecepatan kritis ($u > u_c$). Perubahan kondisi aliran dari subkritis ke superkritis atau sebaliknya sering terjadi di dalam aliran saluran terbuka. Apabila perubahan tersebut terjadi secara cepat dalam jarak relatif pendek, maka aliran disebut berubah dengan cepat (*rapidly varied flow*); perubahan ini dikenal dengan gejala lokal (*local phenomena*).

2.5 Teori Loncatan Hidrolik

Loncatan hidrolik terjadi ketika adanya perubahan dari aliran super kritis ke aliran sub kritis. Pada kondisi ini permukaan air berubah dari kedalaman rendah ke kedalaman tinggi. Perubahan tersebut akan menyebabkan kehilangan energi yang cukup berarti.

Loncatan Sebagai Peredam Energi

Dari pandangan pemakaian praktis, loncatan hidrolik sangat berguna sebagai pereda energi lebih pada aliran superkritis. Peredaman ini berguna untuk mencegah erosi yang mungkin terjadi pada saluran pelimpah, saluran curam, dan pintu air geser tegak ; dengan cara memperkecil kecepatan aliran pada lajur pelindung hingga pada suatu titik di mana aliran tidak mempunyai kemampuan untuk mengikis dasar saluran di bagian hilir.

Loncatan hidrolik yang digunakan sebagai peredam energi, biasanya meliputi sebagian atau seluruh kolam kanal saluran dan dinamakan kolam olakan. Bagian bawah dari olakan diratakan, untuk menahan pengikisan. Pada umumnya, jarang sekali kolam olakan dirancang untuk menahan seluruh panjang loncatan bebas, karena kolam olak demikian akan menjadi sangat mahal biayanya. Akibatnya, peralatan untuk mengontrol loncatan perlu dipasang pada kolam olakan. Kegunaan utama alat pengontrol ini ialah memperpendek selang terjadinya loncatan, sehingga akan memperkecil ukuran dan biaya kolam olak. Pengontrol mempunyai beberapa keuntungan, yakni memperbaiki fungsi peredam

kolam olakan, menstabilkan gerakan loncatan, dan pada beberapa kasus juga memperbesar faktor keamanan. Dalam perancangan kolam olakan dengan menggunakan loncatan hidrolis sebagai peredam energi, maka harus memperhatikan beberapa hal seperti posisi loncatan, keadaan air bawah, dan jenis loncatan.

2.6 Kolam Olak

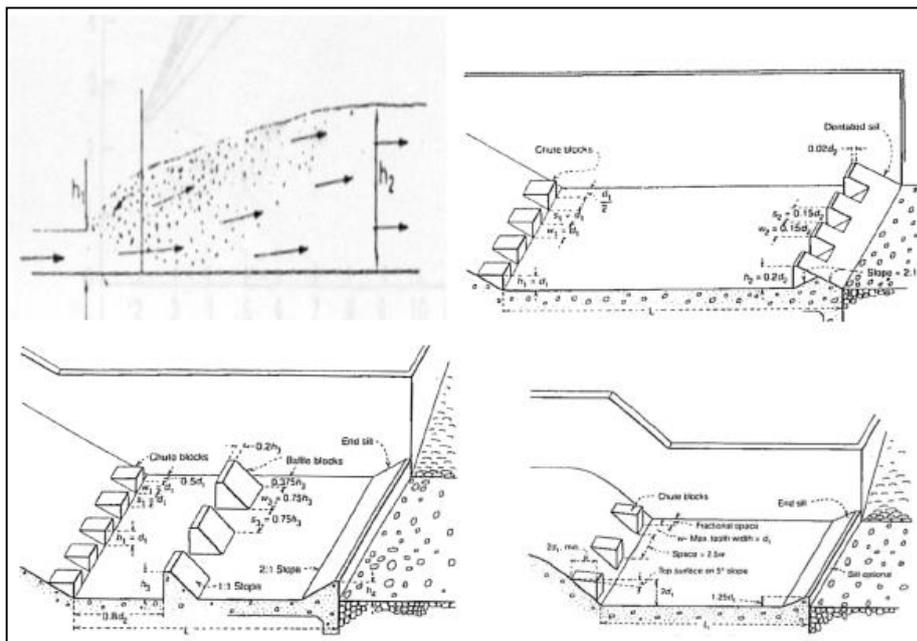
Perubahan aliran dari subkritis ke superkritis atau sebaliknya sering terjadi. Apabila keadaan tersebut terjadi pada jarak yang pendek maka aliran dapat dikatakan berubah dengan cepat yang dikenal dengan **gejala lokal (*local phenomena*)**. Perubahan tersebut dapat berupa **air terjun (*water drop*)** atau **loncatan air (*hydraulic jump*)**. Kolam olak adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai peredam energi yang terkandung dalam aliran dengan memanfaatkan loncatan hidrolis dari suatu aliran yang berkecepatan tinggi agar tidak menyebabkan terjadinya gerusan pada saluran/sungai di hilir

Perencanaan kolam olak standar biasanya didasarkan pada besarnya bilangan Froude yang terjadi, yaitu sebagai berikut:

- Untuk $F_R \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak untuk peredam energi. Namun demikian, untuk saluran tanah maka bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi. Sedangkan saluran yang dibuat dari pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus.
- Untuk $1,7 < F_R \leq 2,5$ maka kolam olak diperlukan untuk meredam energi secara efektif. Pada kondisi ini kolam olak dengan ambang ujung mampu bekerja dengan baik. Bila perbedaan muka air antara hulu dan hilir kurang dari $< 1,5$ m dapat dipakai bangunan terjun tegak. Untuk $2,5 < F_R \leq 4,5$ merupakan kondisi yang paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Pada kondisi ini loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Oleh sebab itu sedapat mungkin ditimbulkan olakan (turbulensi) yang tinggi pada kolam olak untuk bilangan Froude ini dengan memasang blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan pemasangan blok depan kolam. Blok yang diperlukan untuk keperluan tersebut harus berukuran besar (USBR tipe IV).

Cara lain adalah lebih baik untuk tidak merencanakan kolam olak jika $2,5 < F_R \leq 4,5$ dan merubah geometrinya agar bilangan Froude menjadi lebih besar atau kecil sehingga dapat memakai kolam dari kategori lain.

- Bila $2,5 < F_R \leq 4,5$ diperlukan kolam olak pendek sehingga paling ekonomis. Tipe ini, termasuk kolam olak USBR tipe III yang dilengkapi dengan blok depan dan blok halang. Selain berdasarkan bilangan Froude, ada beberapa faktor lain yang dipertimbangkan dalam pemilihan type kolam olak seperti karakteristik hidrolis pada peredam energi yang direncanakan, hubungan lokasi antara peredam energi dengan tubuh bendung, karakteristik hidrolis dan karakteristik konstruksi dari bangunan pelimpah, kondisi topografi, geologi dan hidrolis di daerah tempat kedudukan calon peredam energi dan situasi serta tingkat perkembangan dari sungai di sebelah hilirnya.



Gambar 2.4 Kolam Olak USBR-I (atas kiri), USBR-II (atas kanan), USBR-III (bawah kiri) dan USBR-IV (bawah kanan)

Secara garis besar kolam olak ada 4 tipe, yaitu :

- Ruang Olak Tipe Vlughter
Ruang olak ini dipakai pada tanah aluvial dengan aliran sungai tidak membawa batuan besar. Bentuk hidrolis kolam ini akan dipengaruhi oleh

tinggi energi di hulu di atas mercu dan perbedaan energi di hulu dengan muka air banjir hilir.

- Ruang Olak Tipe Schoklitsch

Peredam tipe ini mempunyai bentuk hidrolis yang sama sifatnya dengan peredam energi tipe Vlughter. Berdasarkan percobaan, bentuk hidrolis kolam peredam energi ini dipengaruhi oleh faktor-faktor, yaitu tinggi energi di atas mercu dan perbedaan tinggi energi di hulu dengan muka air banjir di hilir.

- Ruang Olak Tipe Bucket

Kolam peredam energi ini terdiri dari tiga tipe, yaitu solid *bucket*, *slotted rooler bucket* atau *dentated roller bucket*, dan *sky jump*. Ketiga tipe ini mempunyai bentuk hampir sama dengan tipe Vlughter, namun perbedaannya sedikit pada ujung ruang olakan. Umumnya peredam ini digunakan bilamana sungai membawa batuan sebesar kelapa (boulder). Untuk menghindarkan kerusakan rantai belakang maka dibuat rantai yang melengkung sehingga bilamana ada batuan yang terbawa akan melanting ke arah hilirnya.

- Ruang Olak Tipe USBR

Tipe ini biasanya dipakai untuk head drop yang lebih tinggi dari 10 meter. Ruang olakan ini memiliki berbagai variasi dan yang terpenting ada empat tipe yang dibedakan oleh *rezim hidraulik aliran dan konstruksinya*. Tipe-tipe tersebut, yaitu ruang olakan tipe USBR I merupakan ruang olakan datar dimana peredaman terjadi akibat benturan langsung dari aliran dengan permukaan dasar kolam, ruang olakan tipe USBR II merupakan ruang olakan yang memiliki blok-blok saluran tajam (gigi pemencar) di ujung hulu dan di dekat ujung hilir (end sill) dan tipe ini cocok untuk aliran dengan tekanan hidrostatis lebih besar dari 60 m, ruang olakan tipe USBR III merupakan ruang olakan yang memiliki gigi pemencar di ujung hulu, pada dasar ruang olak dibuat gigi penghadang aliran, di ujung hilir dibuat perata aliran, dan tipe ini cocok untuk mengalirkan air dengan tekanan hidrostatis rendah, dan ruang olakan tipe USBR VI merupakan ruang olakan yang dipasang gigi pemencar di ujung hulu, di ujung hilir dibuat perata aliran,

cocok untuk mengalirkan air dengan tekanan hidrostatik rendah, dan Bilangan Froud antara 2,5 - 4,5.

- Ruang Olak Tipe The SAF Stilling Basin (SAF = Saint Anthony Falls)
Ruang olakan tipe ini memiliki bentuk trapesium yang berbeda dengan bentuk ruang olakan lain dimana ruang olakan lain berbentuk melebar. Bentuk hidrolis tipe ini mensyaratkan Fr (Bilangan Froude) berkisar antara 1,7 sampai dengan 17. Pada pembuatan kolam ini dapat diperhatikan bahwa panjang kolam dan tinggi loncatan dapat di reduksi sekitar 80% dari seluruh perlengkapan. Kolam ini akan lebih pendek dan lebih ekonomis akan tetapi mempunyai beberapa kelemahan, yaitu faktor keselamatan rendah.

2.7 Konsep Hivel 2D

Pendekatan untuk mempelajari aliran superkritik adalah menggunakan model matematik, model matematik yang digunakan adalah model Hivel 2D. Hivel 2D adalah model matematik yang di desain untuk simulasi aliran pada tipikal saluran dengan kecepatan tinggi. Model matematik ini menggunakan elemen hingga untuk menyelesaikan persamaan dua dimensi aliran dangkal. Model ini tidak melibatkan Coriolis atau efek angin dimana hal ini tidak penting pada aliran dalam saluran dengan kecepatan tinggi. Integrasi vertikal dari persamaan konservasi massa dan momentum untuk aliran incompressible flow dengan asumsi bahwa akselerasi vertikal diabaikan dibandingkan dengan hasil dalam persamaan umum disebut sebagai persamaan aliran dangkal. Variabel tak bebas dari gerakan fluida dua dimensi didefinisikan oleh kedalaman aliran, h , volumetrik debit per satuan lebar dalam arah-x, p , dan volumetrik debit per satuan lebar dalam arah y, q . Variabel ini merupakan fungsi dari variabel-variabel independen dalam dua dimensi ruang x dan y , dan dimensi waktu t . Persamaan aliran dangkal dalam bentuk konservatif yang diberikan sebagai berikut (Abbott 1979):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + H = 0 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

$$Q = \begin{pmatrix} h \\ p \\ q \end{pmatrix} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$F_x = \begin{bmatrix} p \\ \frac{p^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2 - \frac{h\sigma_{yx}}{\rho} \\ \frac{pq}{h} - \frac{h\sigma_{xx}}{\rho} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$F_y = \begin{bmatrix} q \\ \frac{pq}{h} - \frac{h\sigma_{xy}}{\rho} \\ \frac{q^2}{h} + \frac{1}{2}gh^2 - \frac{h\sigma_{yy}}{\rho} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$H = \begin{bmatrix} 0 \\ gh \frac{\partial z_0}{\partial x} + g \frac{n^2 p \sqrt{p^2 + q^2}}{c_0^2 h^{\frac{7}{3}}} \\ gh \frac{\partial z_0}{\partial x} + g \frac{n^2 q \sqrt{p^2 + q^2}}{c_0^2 h^{\frac{7}{3}}} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

$p = u.h$, u adalah kedalaman rata-rata kecepatan arah x .

$q = v.h$, v menjadi kedalaman rata-rata kecepatan arah y .

g = percepatan gravitasi

$\sigma_{xx}\sigma_{yx}\sigma_{xy}\sigma_{yy}$ = Reynolds stress dimana indeks pertama mengindikasikan arah dan indeks kedua mengindikasikan arah aksis normal pada permukaan dimana tegangan berkerja

ρ = rapat massa air

n = koefisien kekesaran

C = koefisien konversi satuan

Tegangan Reynolds ditentukan menggunakan pendekatan Boussinesq yang berkaitan stress pada gradien dalam arus, sehingga:

$$\sigma_{yy} = 2\rho v_t \frac{\partial v}{\partial y} \dots\dots\dots(2.20)$$

v_t adalah viskositas Eddy, yang bervariasi terhadap ruang dan dihitung secara empirik sebagai fungsi dari variabel aliran lokal (Rodi) dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_t = \frac{c.n\sqrt{8g\sqrt{p^2+q^2}}}{c_0 h^{\frac{1}{6}}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana C adalah koefisien yang nilainya antara 0.1 sampai 1. Persamaan diferensial tersebut diselesaikan secara numerik dengan metode elemen hingga (finite element). Pendekatan metode elemen hingga yang digunakan adalah formulasi dari Petrov-Galerkin yang menggabungkan kombinasi dari komponen tes fungsi Galerkin dan non Galerkin untuk mengontrol osilasi yang disebabkan oleh konveksi.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Analisa hidraulik aliran pada kolam olak berpenampang majemuk merupakan bagian dari pengembangan model kolam olak tipe majemuk yang berdasarkan pada kolam olak USBR yang sebelumnya dilakukan pada uji model fisik Bendung Watumloso di Kabupaten Banyuwangi Provinsi Jawa Timur. Studi ini bertujuan memperdalam dan menganalisa perilaku hidraulik aliran pada pengembangan model kolam olak majemuk.

Penelitian tentang analisa hidraulik aliran terhadap kolam olak majemuk dilakukan menggunakan 2 model uji yaitu model uji fisik dan model uji matematik. Hal ini dilakukan agar dapat melihat hubungan korelasi antara hasil uji ke 2 model tersebut sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dan solusi perbaikan untuk pengembangan dan penerapan model yang lebih mudah pada pembuatan kolam. Uji model fisik dilakukan di Laboratorium Keairan dan Teknik Pantai, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Penelitian ini memanfaatkan flume yang telah ada dari penelitian sebelumnya seperti pada Gambar 3.1. Flume yang telah ada tersebut kemudian dilakukan sedikit perbaikan dan penambahan sesuai keperluan untuk penelitian. Sehingga variasi yang terhadap ruang olak dapat disesuaikan dengan flume yang telah ada tersebut. Sedangkan uji model matematik dilakukan menggunakan komputer dengan program bantuan yaitu SMS (Surface Modeling Water System).



Gambar 3.1 Foto Flume

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan saling berkaitan sehingga akhirnya akan mendapatkan sesuai dengan yang diharapkan. Adapun tahapan penelitian tersebut sebagai berikut :

1) Studi Literatur

Studi literatur mencakup pengumpulan informasi mengenai studi terdahulu maupun konsep dari teori yang sesuai topik penelitian yaitu mengenai aliran, energi pada aliran, kolam olak, dan perilaku loncatan hidrolis. Pada studi ini literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

Literatur Buku :

- Bendungan Type Urugan (Takeda , Kensaku dan Sasrodarsono, Suyono, 1981)
- Hidrolika Saluran Terbuka (Anggrahini, 1996).
- Open Channel Hydraulic (Ven Te Chow, 1959).

Literatur Tesis :

- Studi Pengendalian Loncatan Hidrolis Dengan Variasi Sudut Endsill Pada Bangunan Peredam Energi (Trimojin, 2000).
- Stilling Basins with Side Expansion for Outlet Works (Vipun, R., 1992).

Literatur Jurnal :

- Experimental Investigation On Makhool Dam Stilling Basin dalam Diyala Journal Of Engineering Science (Abbas Muhanad Mohammed 2009).
- Hydraulic Design of Stilling Basins dalam Journal of Hydraulic Division, ASCE (Bradely, J. N. and Peterka, A. J. 1957).
- Hydraulic Jump Type Stilling Basin For Low Froude Numbers dalam J. Hydraul. Eng. (Pillai N. Narayana, Goel Arun, and Dubey Ashoke Kumar, 2009).
- Modified Design of U.S.B.R. Stilling Basin for Outletworks dalam Ninth Congress of Asia Pacific Division, I.A.H.R (Verma, D. V. S. and Goel, A. 1998).
- Modified Type III stilling basin-new method of design dalam Journal of Hydraulic Research (Vittal N, Al-Garni M.A., 1992).
- Optimasi Beda Tinggi Peredam Energi Ganda Pada Model Skala Bendung dalam Jurnal Rekayasa Sipil (Muharis Chairul, Aguskamar, 2006).
- Pengaruh Variasi Tipe Peredam Energi Terhadap Karakteristik Hidrolika Saluran Pelimpah Bendungan Studi Kasus Uji Model Pelimpah Bendungan Jehem-Bali dalam Jurnal Rekayasa Sipil Prastumi, 2009).
- Stilling Basin Design For Low Froude Number dalam J.Hydr. Engg., ASCE (Bhowmik, N.G. 1975).
- Stilling Basins for Pipe Outlets using Wedge Shaped Splitter Block dalam International Journal of Irrigation and Drainage Eng.Division, ASCE (Verma, D. V. S. and Goel, A. 2000).

Literatur diatas digunakan memberikan gambaran dan arahan yang jelas tentang bagian-bagian terpenting dari kolam olak baik dari segi fisik maupun dari segi hidrolis.

2) Perencanaan Model Fisik Saluran dan Kolam Olak

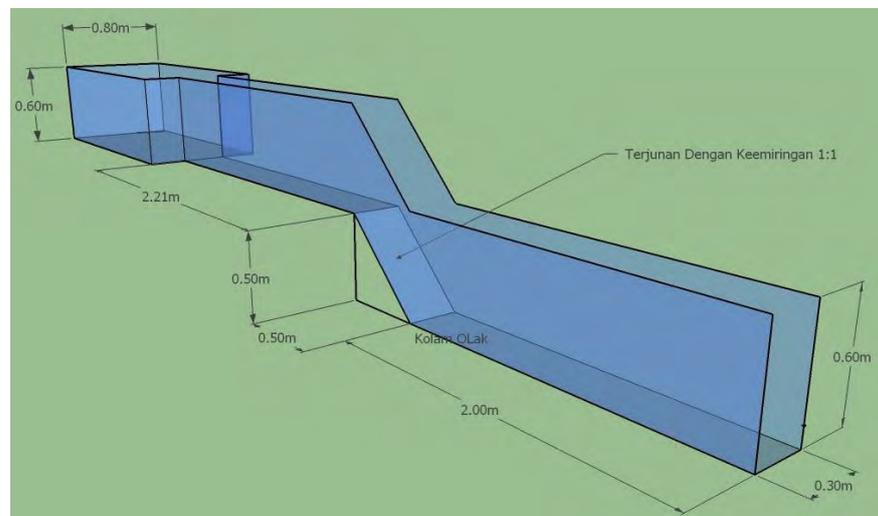
Pada tahap ini, sebelum menentukan bentuk, material, dan model dari saluran untuk uji model fisik kolam olak yang akan dilakukan, terlebih dahulu

dilakukan proses investigasi mengenai ketersediaan alat dan bahan yang ada di laboratorium. Proses investigasi diharapkan dapat menghasilkan sebuah layout tentang peralatan dan saluran yang ada di laboratorium serta kebutuhan alat-alat sebagai penunjang kegiatan, sehingga model yang dapat dibuat sesuai dengan yang kebutuhan dan dapat memanfaatkan ketersediaan ruang di laboratorium semaksimal mungkin.

Perencanaan model meliputi beberapa tahap antara lain :

- Perbaikan dan penambahan bagian-bagian saluran atau flume.

Saluran atau flume untuk uji model menggunakan saluran atau flume yang sudah ada dari penelitian sebelumnya seperti pada Gambar 3.1. Flume yang telah ada kemudian dilakukan sedikit perbaikan dan tambahan berupa pembuatan terjunan dan bagian kolam olak. Tinggi terjunan atau Z sebesar 0,5 m dan kemiringan terjunan sebesar 1:1 (Gambar 3.2).

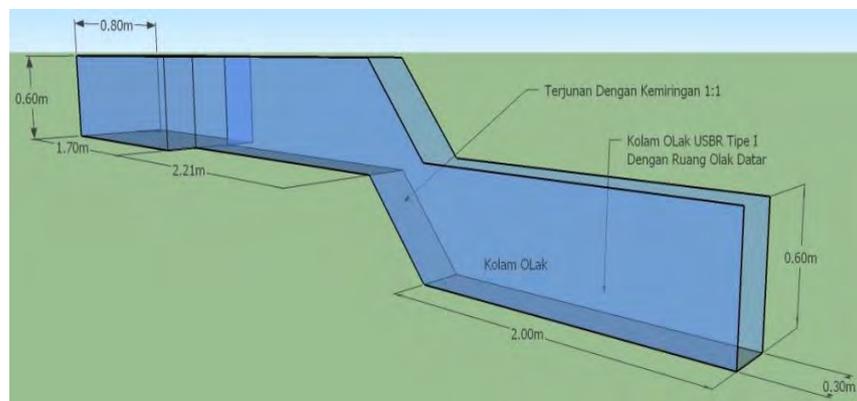


Gambar 3.2 Model Saluran Atau Flume

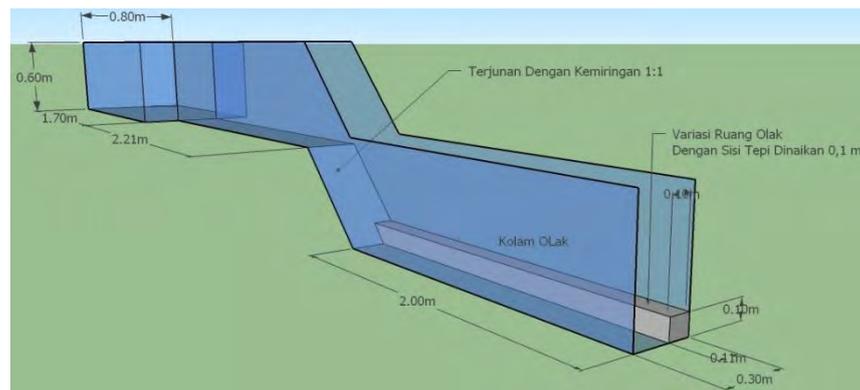
- Perencanaan kolam olak.

Kolam olak untuk uji direncanakan sebanyak 4 model, yaitu (1) model kolam olak tipe datar dengan panjang ruang olak sebesar 0,70 m, seperti pada Gambar model 3.3, (2) model variasi kolam olak USBR dengan menaikan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi 0,1 maka

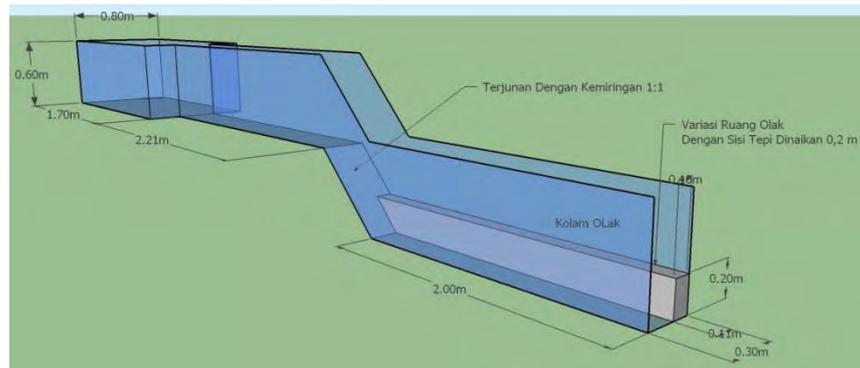
ketinggian bantaran/ sisi tepi lantai menjadi 0,1 m (karena $Z=$ ketinggian terjunan 0,5 m) seperti pada Gambar model 3.4, (3) model variasi kolam olak USBR dengan menaikkan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi 0,4 Z maka ketinggian bantaran/ sisi tepi lantai menjadi 0,2 m seperti pada Gambar model 3.5, (4) model variasi kolam olak USBR dengan menaikkan salah satu sisi tepi atau bantaran kolam olak setinggi 0,6 Z maka ketinggian bantaran/ sisi tepi lantai menjadi 0,3 m seperti pada Gambar model 3.6. Panjang setiap kolam olak dibuat lebih panjang dari agar dapat melakukan pengamatan dengan lebih baik.



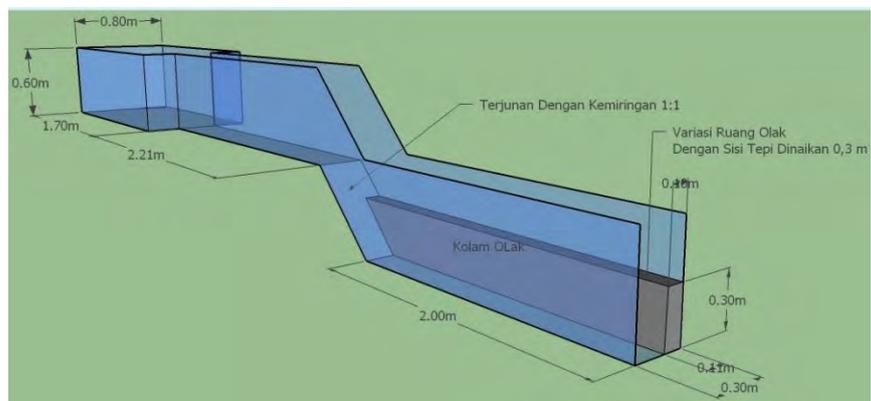
Gambar 3.3 Kolam Olak USBR Dengan Ruang Olak Datar



Gambar 3.4 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,2 Z

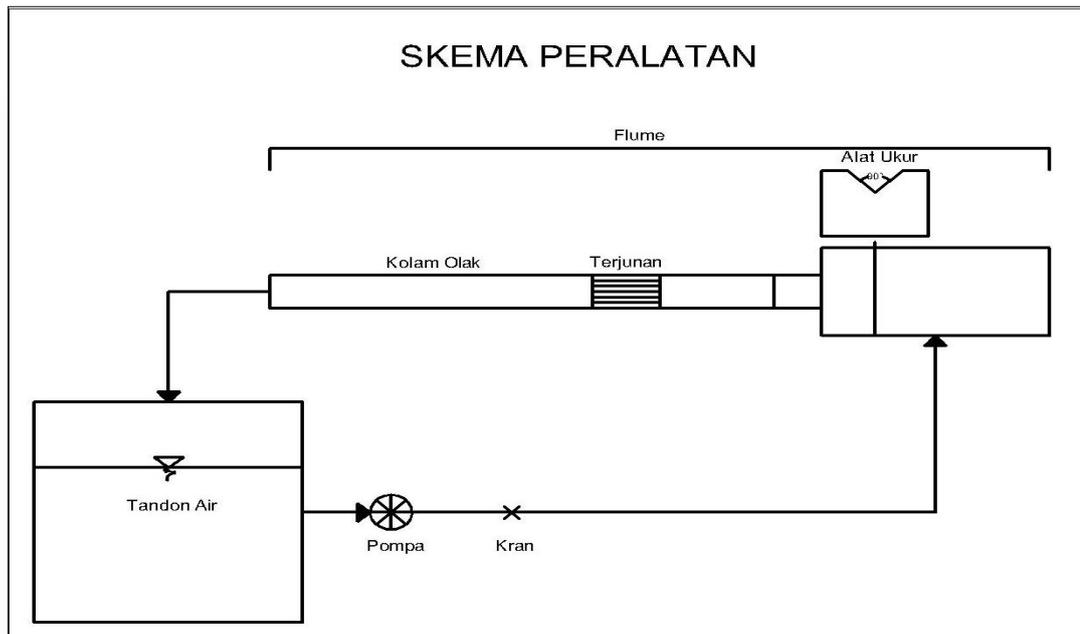


Gambar 3.5 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,4 Z



Gambar 3.6 Variasi Ruang Olak Dengan Sisi Tepi Dinaikan 0,6 Z

Model yang telah direncanakan kemudian dibuat di laboratorium yaitu meliputi perbaikan dan penambahan bagian-bagian saluran atau flume dengan menggunakan bahan akrilik dan pembuatan kolam olak menggunakan bahan yang sama yaitu akrilik. Kolam olak yang telah dibuat kemudian dipasang dan disambungkan pada flume yang telah ada sebelumnya dan menyesuaikan dengan kondisi dan keadaan laboratorium. Maka skema peralatan untuk percobaan model dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Skema Peralatan

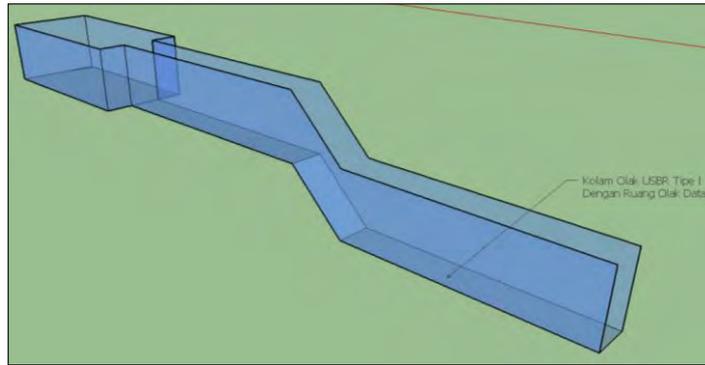
3) Pengujian Model Fisik

Pengujian model fisik dilakukan dalam 4 skenario percobaan dengan mengalirkan debit maksimum sesuai kapasitas pompa pada saluran. Aliran air yang masuk ke dalam saluran selanjutnya akan melewati terjunan kemudian masuk pada kolam olak sehingga terjadi pengolakan dimana aliran air akan mengalami perubahan yang ditunjukkan dari perubahan-perubahan pada parameter aliran.

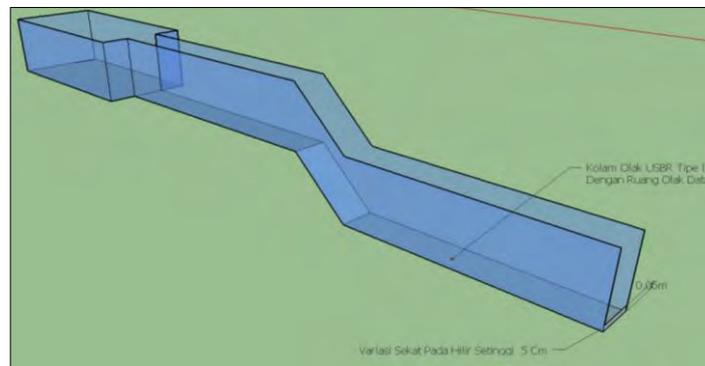
Skenario-skenario dalam uji model fisik yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- Skenario 1 : uji model fisik terhadap kolam olak model 1
- Skenario 2 : uji model fisik terhadap kolam olak model 2.
- Skenario 3 : uji model fisik terhadap kolam olak model 3.
- Skenario 4 : uji model fisik terhadap kolam olak model 4.

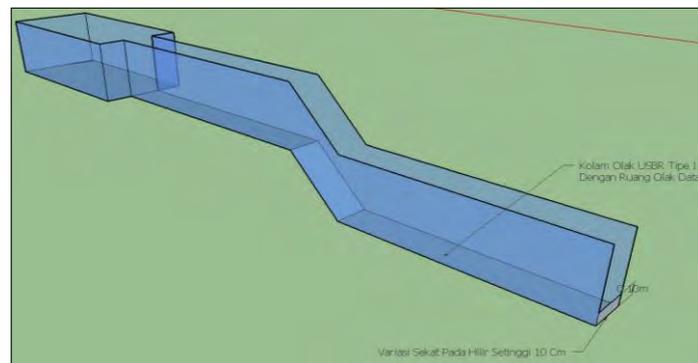
Setiap skenario model kemudian diuji dengan 3 kondisi hilir yaitu kondisi tanpa sekat (gambar 3.8), kondisi menggunakan sekat setinggi 5 cm (gambar 3.9), dan pada kondisi menggunakan sekat setinggi 10 cm (gambar 3.10).



Gambar 3.8 Model Hilir Variasi Tanpa Sekat.



Gambar 3.9 Model Hilir Variasi Sekat Setinggi 5 cm.



Gambar 3.10 Model Hilir Variasi Sekat Setinggi 10 cm.

4) Analisa Hasil Uji Model Fisik

Hasil uji model fisik kemudian dianalisa untuk memahami perilaku aliran, pengaruh bentuk dan ukuran variasi ruang olak dari kolam olak terhadap

hidraulik aliran yang terjadi. Hidraulik aliran pada penelitian yang dilakukan berupa perbandingan antara kedalaman normal aliran dan kedalaman kritis. Dari perbandingan ke 2 variabel tersebut maka dapat diketahui sifat kekeritisan aliran. Ketika kedalaman normal lebih besar dari kedalaman kritis maka aliran disebut aliran sub kritis, sedangkan ketika kedalaman normal lebih kecil dari kedalaman kritis maka aliran disebut aliran superkritis. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar atau lebih dari 1 aliran akan menjadi semakin sub kritis dan jika sebaliknya atau lebih kecil dari 1 maka aliran akan menjadi super kritis.

Hasil dari uji coba yang dilakukan dengan 4 skenario dibandingkan untuk melihat perubahan besaran nilai parameter-parameter aliran akibat perubahan model penampang dari yang sebelumnya datar menjadi majemuk.

5) Perencanaan Model Matematik Kolam Olak

Model matematik untuk kolam olak tipe majemuk dilakukan dengan bantuan program komputer yaitu program SMS (Surface Modeling Water System) dengan metode yang digunakan yaitu Hivel 2D. Metode ini dirancang untuk mensimulasikan aliran khas di saluran dengan kecepatan tinggi. Metode ini merupakan deskripsi elemen hingga dari persamaan air dangkal dua dimensi dalam bentuk konservatif. Dalam metode ini efek angin tidak diperhitungkan karena berada pada saluran dengan kecepatan tinggi.

➤ Pembuatan Model Utama

Pengerjaan model ini diawali dengan pembuatan *map module*, *scatter module*, dan *mesh module* yang menjadi model utama dalam pengoperasian Hivel 2D. *Map module* adalah bagian dasar model utama yang terdiri dari 4 komponen yaitu *feature point*, *vertices (vertex)*, *feature arc*, dan *feature polygon*. Pembuatan *map Module* dilakukan dengan bantuan gambar atau peta dasar yang telah dibuat dalam program bantuan *Auto Cad*.

Scatter module terdiri dari 2 komponen yaitu *scatter point* yang merupakan titik yang dibuat dalam proses pembangunan model yang menyimpan data koordinat dan elevasi sebuah model. Dan *triangel* yang merupakan elemen yang dibentuk dari 3 *scatter point*. Sebaran

data *scatter point* kemudian akan dihubungkan dengan *triangel* untuk melakukan analisis finit elemn sehingga bentuk model kontur akan sesuai dengan data yang ada. Pembuatan model dalam penelitian ini data yang dimasukan dalam *scatter point* hanya berupa data ketinggian, sedangkan data koordinatnya menggunakan koordinat lokal.

Mesh module terdiri dari 3 komponen yaitu *mesh node* yang merupakan titik yang terdapat dalam *mesh module* pada tiap ujung suatu elemen untuk elemen linear dan di titik tengah tiap garis element untuk elemen kuadratik. *Node string* merupakan komponen garis yang terdapat dalam *mesh module* untuk suatu data *input* misalnya debit dalam penelitian ini. *Element* merupakan komponen luasan dari garis yang menghubungkan beberapa node, sehingga mebentuk segitiga dan elemen segi empat.

➤ Kondisi Batas (*Boundary Condition*)

Simulasi permodelan dengan menggunakan program bantuan SMS diperlukan kondisi batas baik pada bagian hulu maupun bagian hilir sehingga permodelan yang dilakukan dapat memberikan gambaran yang mendekati kondisi sebenarnya. Data kondisi batas menggunakan data dari hasil uji model fisik yang telah dilakukan sebelumnya.

➤ Membuat *Hot Star File*

Dalam metode Hivel 2D pada program SMS komponen utama untuk menjalankan simulasi model adalah *hot star file*. Komponen ini berisi data waktu simulasi, debit pada hulu saluran, dan ketinggian muka air yang konstan pada bagian hulu saluran. Waktu untuk setiap simulasi adalah 10 menit, debit pada hulu saluran yaitu 0,00689 m³/detik, dan ketinggian muka air konstan pada bagian hulu saluran dalah 0,0358 m.

➤ Cek Model

Model cek bertujuan untuk melihat kesalahan pada bagian utama model yaitu *mesh*, penentuan kondisi batas, dan parameter model Hivel 2D. Kesalahan yang terjadi pada setiap komponen utama dapat berakibat pada simulasi yang tidak bisa berjalan. Sehingga sangat

perlu melakukan perbaikan untuk menghasilkan model yang mampu memberika gambaran yang baik.

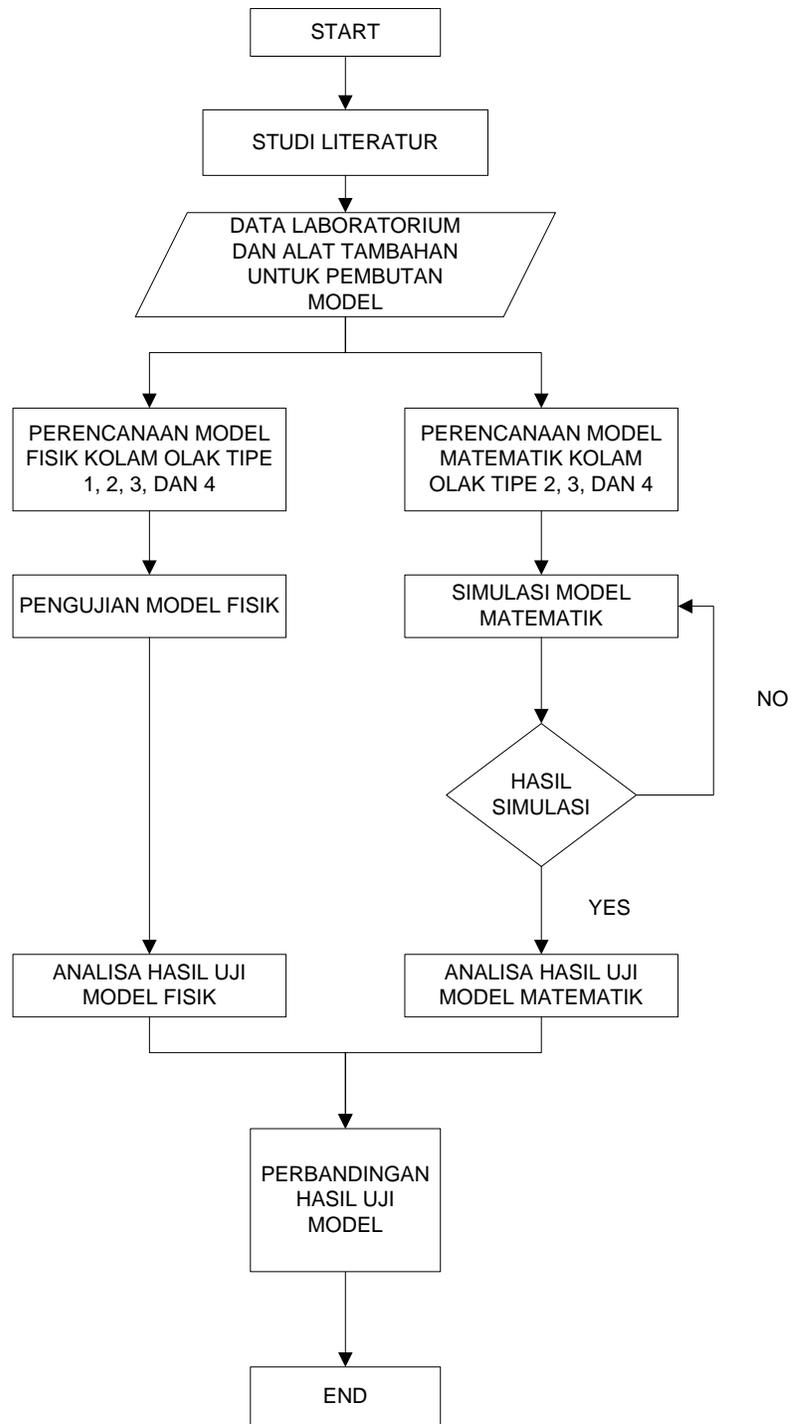
➤ Menjalankan Model (*Run Hivel 2D*)

Proses menjalankan model yang telah dibuat dalam program SMS dengan menggunakan metode Hivel 2D membutuhkan waktu yang cukup lama, tergantung pada penentuan jumlah hitungan. Semakin besar jumlah hitungan maka semakin lama pula proses simulasi model. Proses simulasi yang dilakukan kemudian menghasilkan data ketinggian muka air pada ruang olak.

6) Perbandingan Model

Hasil percobaan model fisik dan hasil percobaan model matematik kemudian dibandingkan, sehingga dapat dilakukan melihat korelasi hasil model uji. Korelasi hasil model yang didapatkan secara garis besar menunjukkan hubungan keterkaitan antara ke 2 model tersebut. Sehingga untuk mempermudah pengebangan model matematika yang telah dibuat dapat digunakan dan diterapkan karena telah mampu menginterpretasikan kondisi sebenarnya.

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.11 Diagram Alir.

BAB 4

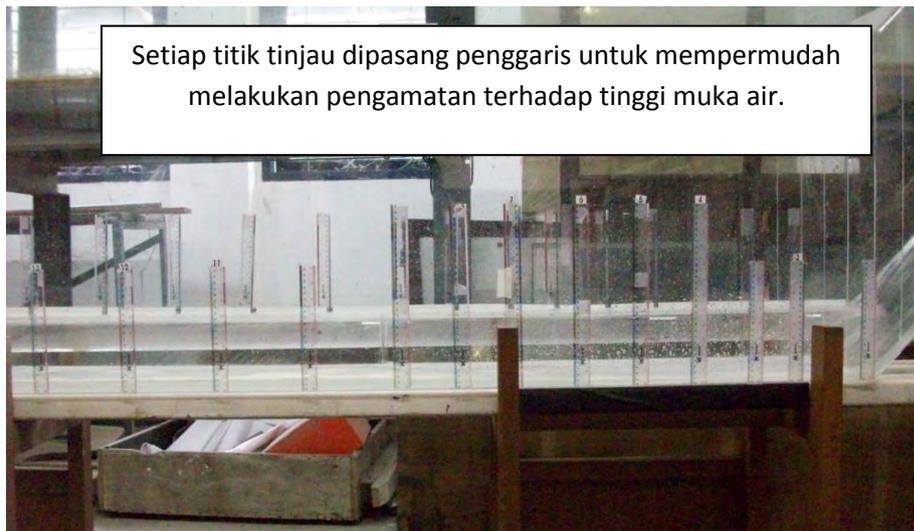
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pelaksanaan Uji Model Fisik

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Keairan dan Teknik Pantai, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Penelitian untuk pengujian model fisik dilakukan dengan menggunakan flume dan model kolam olak yang dibuat menggunakan bahan akrilik. Pada bagian kolam olak dibuat 4 model sesuai dengan rencana penelitian yang akan dilakukan yaitu model kolam olak tipe datar, model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi 10 cm, model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi 20 cm, dan model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi 30 cm.

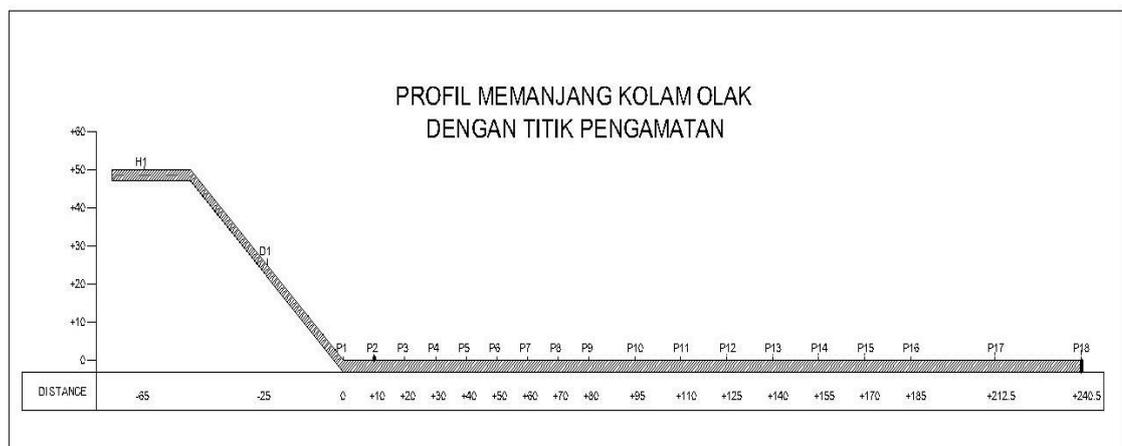
Pompa yang digunakan dalam penelitian atau eksperimen yaitu pompa dengan kapasitas 10,00 liter/detik yang telah tersedia di laboratorium. Pengukuran debit pada flume menggunakan alat ukur V-notch dengan sudut 90°. Dalam proses penelitian direncanakan agar simulasi setiap model dapat dilakukan dengan berbagai macam kondisi debit. Namun proses pengaturan debit sulit dilakukan akibat kinerja pompa yang kurang maksimal sehingga debit yang dihasilkan tidak selalu konstan. Sebagai alternatif lain untuk melihat variasi percobaan, maka pada bagian hilir dari kolam olak yaitu pada titik jarak 240,5 m dari kaki terjunan dibuat beberapa variasi yaitu tanpa sekat, dengan sekat setinggi 5 cm, dan dengan sekat setinggi 10 cm.

Dalam proses penelitian yang dilakukan bagian utama titik pengamatan yaitu tinggi muka air pada setiap titik tinjau pada kolam olak seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Foto Pengamatan Tinggi Muka Air

Pengamatan ketinggian muka air dalam eksperimen dilakukan pada beberapa titik agar mampu memberikan gambaran yang cukup baik tentang pergerakan aliran atau perilaku hidrolis aliran akibat pembuatan model kolam olak majemuk. Titik pengamatan dibagi menjadi 21 titik pengamatan dengan pembagian seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Profil Memanjang Kolam Olak Dengan Titik Pengamatan

Akibat pembuatan bentuk kolam olak menjadi bentuk majemuk, maka kolam olak mempunyai 2 penampang yaitu ruang olak utama dan ruang olak sekunder seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Profil Melintang Kolam Olak

Hasil eksperimen yang didapat dari uji model kolam olak yang dilakukan dalam 4 skenario adalah berupa data ketinggian muka air rata-rata dari setiap titik pengamatan, yaitu sebagai berikut :

1. Skenario 1 : uji model fisik terhadap kolam olak model 1

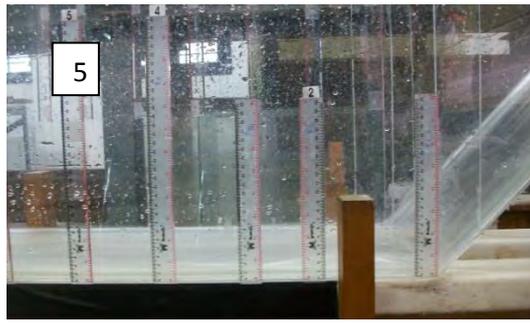
Hasil pengamatan ketinggian muka air pada model kolam olak tipe datar yang merupakan skenario 1 ditunjukkan pada tabel 4.1 dan gambar 4.4 yaitu foto aliran pada kolam olak tipe datar (a) tanpa sekat, (b) dengan sekat 5 cm, dan (c) dengan sekat 10 cm.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Datar Dalam Skenario 1.

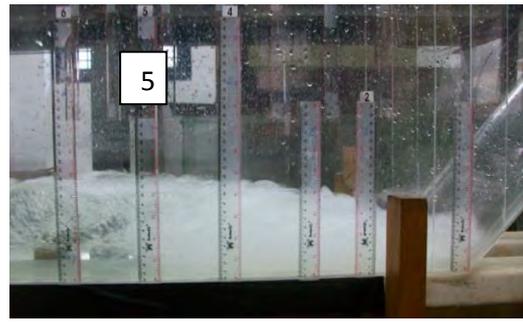
Kolam Olak Utama				
Titik Pengamatan	Jarak Titik	Tanpa Sekat	5 cm	10 cm
H		43		
H1		3.94		
D1		1.86		
P1	0	1	3.1	13.14
P2	10	0.88	6.7	13.26
P3	20	1.02	8.24	13.86
P4	30	0.98	10.12	14.42
P5	40	1	11.58	15.44
P6	50	1.06	11.5	16.1
P7	60	1.1	11.54	16.08
P8	70	1.34	11.36	16.38
P9	80	1.34	11.1	16.24
P10	95	1.4	11.04	16.18
P11	110	1.46	11.06	16.44
P12	125	1.56	11	16.5
P13	140	1.58	11.02	16.5
P14	155	1.66	11.04	16.48
P15	170	1.88	11.1	16.5
P16	185	1.96	11.1	16.48
P17	212.5	1.96	11	16.28
P18	240.5	2.48	9.86	15.76

Catatan : Satuan pengukuran adalah cm.

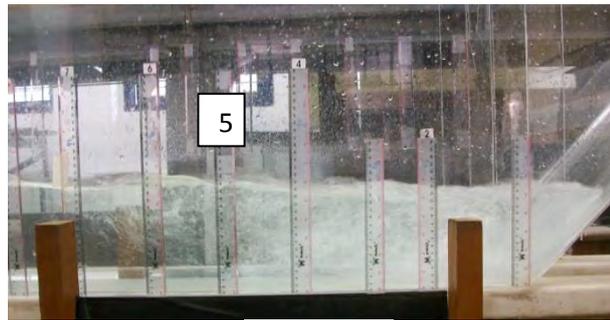
Sumber : Hasil pengamatan dan pengolahan data.



(a)



(b)

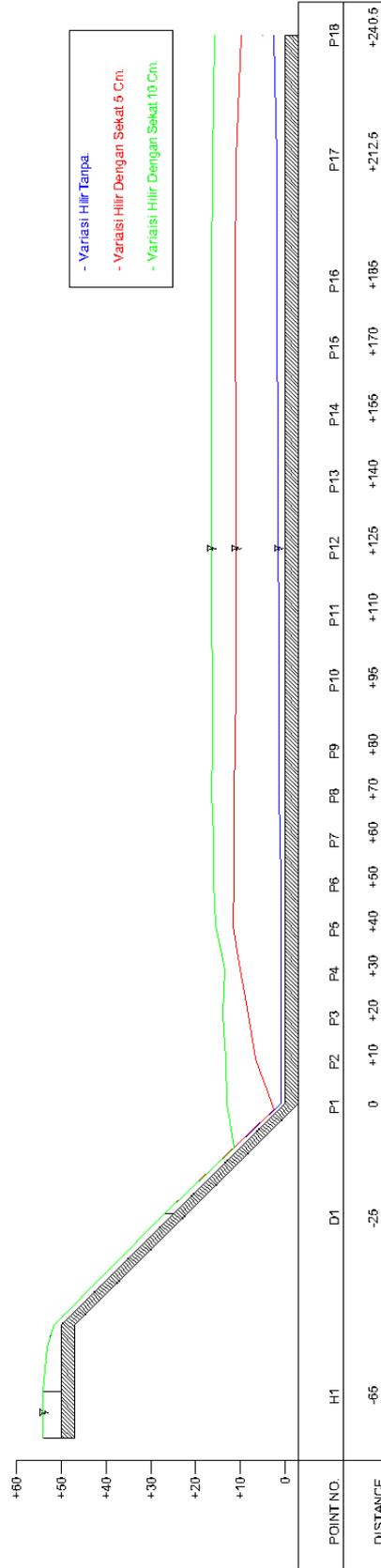


(c)

Gambar 4.4 Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Datar (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm.

Pada gambar simulasi model skenario 1 (Gambar 4.4 a,b,c) terlihat terjadi peningkatan ketinggian muka air yang cukup besar dan pergeseran posisi serta model loncatan air yang ditunjukkan dengan golakan air yang menimbulkan perubahan warna air menjadi lebih putih. Pada gambar 4.4 (a) loncatan air terjadi setelah titik pengamatan 5, pada gambar 4.4 (b) loncatan air terjadi mulai titik pengamatan 1 yaitu di kaki terjunan sampai pada titik pengamatan 5, dan pada gambar 4.4 (c) loncatan air terjadi mulai sebelum titik pengamatan 1 sampai pada titik pengamatan 5. Data hasil pengamatan kemudian dibuat dalam gambar profil memanjang kolam olak pada gambar 4.5.

PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK TIPE DATAR (SKENARIO 1)



Gambar 4.5 Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Datar (Skenario 1)

2. Skenario 2 : uji model fisik terhadap kolam olak model 2.

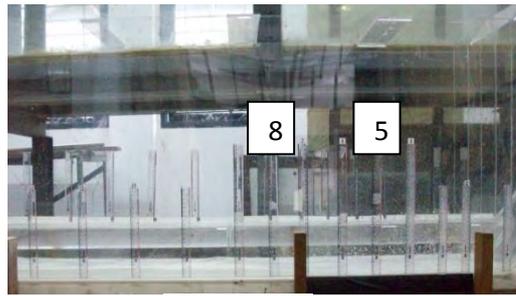
Hasil pengamatan ketinggian muka air pada model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi kolam olak dinaikan setinggi 10 cm yang merupakan skenario 2 ditunjukkan pada tabel 4.2 dan gambar 4.6 yaitu foto aliran pada kolam olak tipe datar (a) tanpa sekat, (b) dengan sekat 5 cm, dan (c) dengan sekat 10 cm.

Tabel 4.2 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 10 cm Dalam Skenario 2

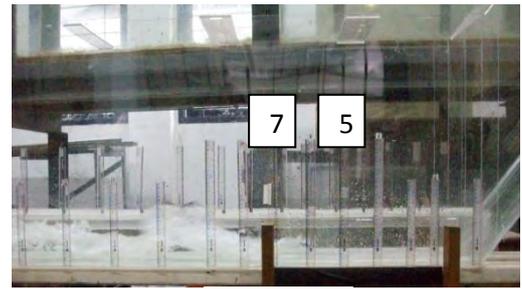
Kolam Olak Utama				
Titik Pengamatan	Jarak Titik	Tanpa Sekat	5 cm	10 cm
H		42		
H1		3.58		
D1		1.5		
P1	0	0.68	1.98	12.1
P2	10	0.78	5.16	12.18
P3	20	0.92	7.12	13.02
P4	30	0.92	9.18	13.46
P5	40	0.94	9.86	14.96
P6	50	0.94	9.74	15.02
P7	60	1	9.72	15.02
P8	70	1.14	9.78	15.04
P9	80	1.38	9.76	15.04
P10	95	2	9.84	15.08
P11	110	2.12	10.04	15
P12	125	2.16	10	15.06
P13	140	2	9.98	14.98
P14	155	2.48	10	15.06
P15	170	2.56	10.06	15.08
P16	185	2.48	10	15
P17	212.5	3.16	10.02	15
P18	240.5	3.34	9.36	14.9

Catatan : Satuan pengamatan adalah cm.

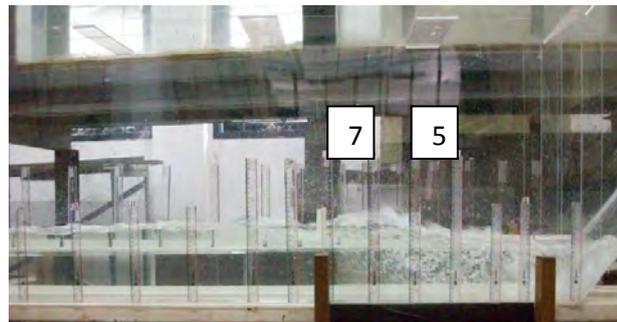
Sumber : Hasil pengamatan dan pengolahan data.



(a)



(b)

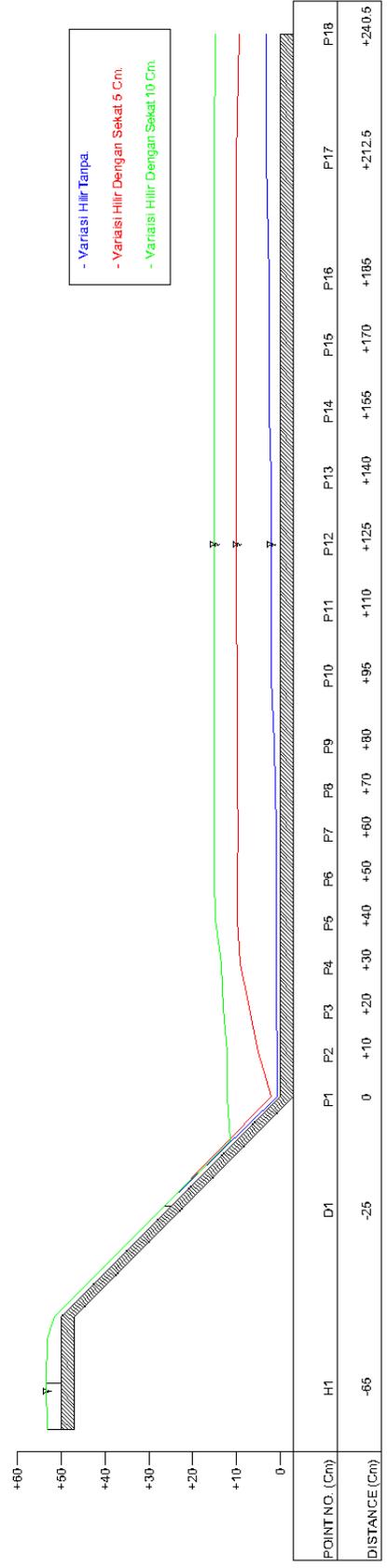


(c)

Gambar 4.6 Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 10 cm (a) Tanpa Sekat, (b) Dengan Sekat 5 cm, Dan (c) Dengan Sekat 10 cm.

Pada gambar simulasi model skenario 2 (Gambar 4.6 a,b,c) terlihat terjadi peningkatan ketinggian muka air yang cukup besar dan pergeseran posisi serta model loncatan air yang ditunjukkan dengan golakan air yang menimbulkan perubahan warna air menjadi lebih putih. Pada gambar 4.6 (a) loncatan air terjadi setelah titik pengamatan 5 yaitu mulai pada titik pengamatan 8, pada gambar 4.6 (b) loncatan air terjadi mulai titik pengamatan 7, dan pada gambar 4.6 (c) loncatan air terjadi mulai sebelum titik pengamatan 1 sampai pada titik pengamatan 7. Data hasil pengamatan kemudian dibuat dalam gambar profil memanjang kolam olak pada gambar 4.7

PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK TIPE
MAJEMUK DENGAN SISI TEPI DINAIKAN
SETINGGI 10 Cm (SKENARIO 2)



Gambar 4.7 Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 10 Cm (Skenario 2)

3. Skenario 3 : uji model fisik terhadap kolam olak model 3

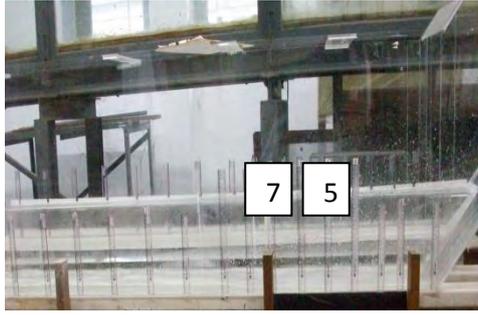
Hasil pengamatan ketinggian muka air pada model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi kolam olak dinaikan setinggi 20 cm yang merupakan skenario 3 ditunjukkan pada tabel 4.8 dan gambar 4.6 yaitu foto aliran pada kolam olak tipe datar (a) tanpa sekat, (b) dengan sekat 5 cm, dan (c) dengan sekat 10 cm.

Tabel 4.3 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 20 cm Dalam Skenario 3.

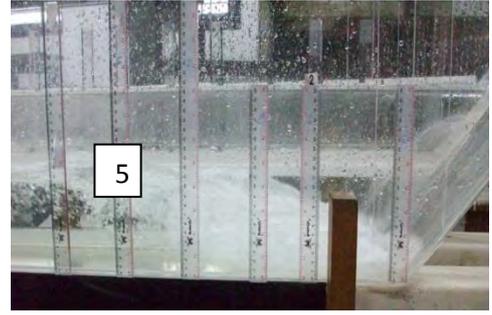
Kolam Olak Utama				
Titik Pengamatan	Jarak Titik	Tanpa Sekat	5 cm	10 cm
H		42		
H1		3.58		
D1		1.52		
P1	0	0.82	3.68	12.82
P2	10	0.88	6.62	13.28
P3	20	0.88	8.26	13.78
P4	30	0.86	10.04	14.4
P5	40	0.84	10.18	15.36
P6	50	0.82	10.44	15.34
P7	60	1.02	10.48	15.54
P8	70	1.34	10.34	15.52
P9	80	2.5	10.26	15.46
P10	95	3.6	10.28	15.66
P11	110	2.72	10.36	15.58
P12	125	2.16	10.34	15.6
P13	140	2.36	10.34	15.54
P14	155	2.94	10.24	15.56
P15	170	3.14	10.24	15.7
P16	185	3.06	10.14	15.58
P17	212.5	3.06	10.16	15.4
P18	240.5	2.925	9.9	14.8

Catatan : Satuan pengamatan adalah cm.

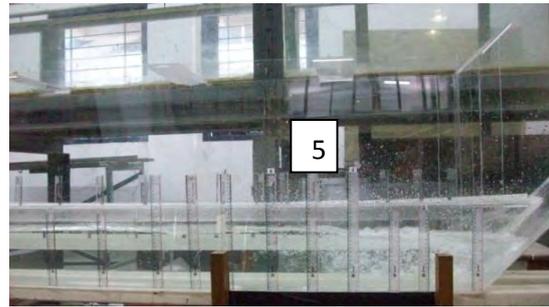
Sumber : Hasil pengamatan dan pengolahan data.



(a)



(b)

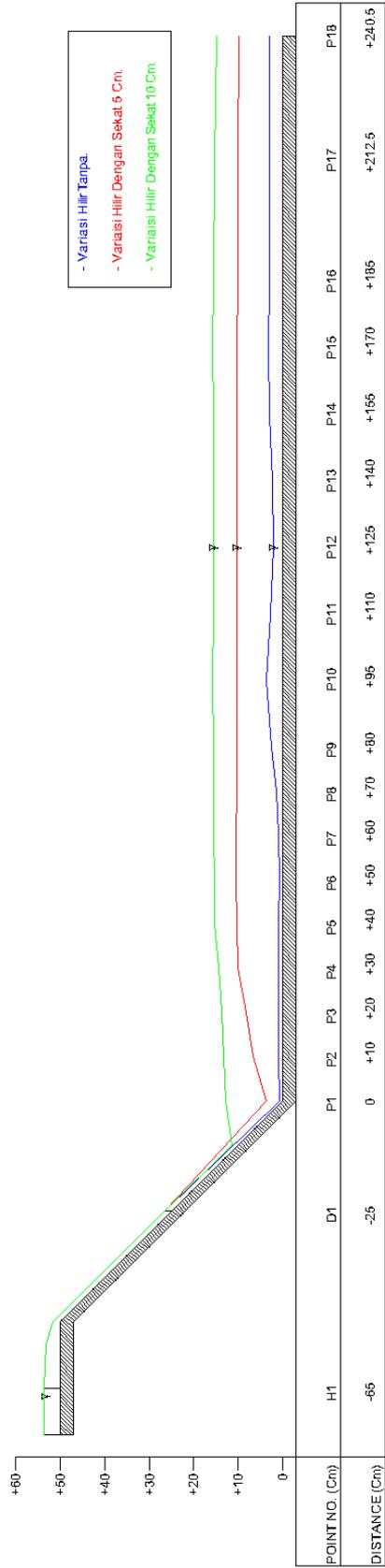


(c)

Gambar 4.8 Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 20 cm (A) Tanpa Sekat, (B) Dengan Sekat 5 cm, Dan (C) Dengan Sekat 10 cm.

Pada gambar simulasi model skenario 3 (Gambar 4.8 a,b,c) terlihat terjadi peningkatan ketinggian muka air yang cukup besar dan pergeseran posisi serta model loncatan air yang ditunjukkan dengan golakan air yang menimbulkan perubahan warna air menjadi lebih putih. Pada gambar 4.8 (a) loncatan air terjadi setelah titik pengamatan 5 yaitu mulai pada titik pengamatan 7, pada gambar 4.8 (b) loncatan air terjadi mulai titik pengamatan 1 yaitu di kaki terjunan sampai pada titik pengamatan 6, dan pada gambar 4.8 (c) loncatan air terjadi mulai sebelum titik pengamatan 1 sampai pada titik pengamatan 4. Data hasil pengamatan kemudian dibuat dalam gambar profil memanjang kolam olak pada gambar 4.9.

PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK TYPE
MAJEMUK DENGAN SISI TEPI DINAIKAN
SETINGGI 20 Cm (SKENARIO 3)



Gambar 4.9 Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 20 Cm (Skenario 3)

4. Skenario 4 : uji model fisik terhadap kolam olak model 4

Hasil pengamatan ketinggian muka air pada model kolam olak tipe majemuk dengan sisi tepi kolam olak dinaikan setinggi 30 cm yang merupakan skenario 4 ditunjukkan pada tabel 4.4 dan gambar 4.10 yaitu foto aliran pada kolam olak tipe datar (a) tanpa sekat, (b) dengan sekat 5 cm, dan (c) dengan sekat 10 cm.

Tabel 4.4 Data Hasil Pengamatan Model Kolam Olak Tipe Majemuk dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 30 cm Dalam Skenario 4.

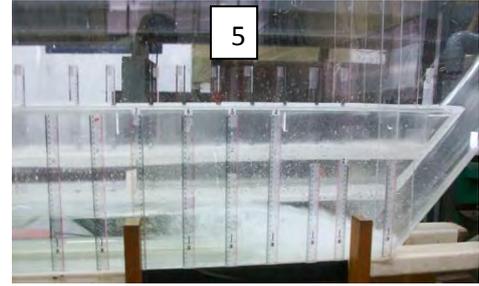
Kolam Olak Utama				
Titik Pengamatan	Jarak Titik	Tanpa Sekat	5 cm	10 cm
H		42		
H1		3.58		
D1		1.64		
P1	0	0.84	4.22	12.58
P2	10	1	6.8	13.2
P3	20	1.04	8.2	13.44
P4	30	0.94	9.9	13.9
P5	40	0.94	11.14	15.02
P6	50	1	10.94	15.62
P7	60	1.16	10.86	15.66
P8	70	1.86	10.72	15.88
P9	80	3.34	10.5	15.66
P10	95	3.92	10.62	15.9
P11	110	2.88	10.66	15.96
P12	125	2.58	10.5	15.88
P13	140	2.88	10.56	15.82
P14	155	3.9	10.56	15.92
P15	170	3.24	10.54	15.86
P16	185	3.1	10.28	15.72
P17	212.5	3.3	10.34	15.5
P18	240.5	3.82	9.22	15.14

Catatan : Satuan pengamatan adalah cm.

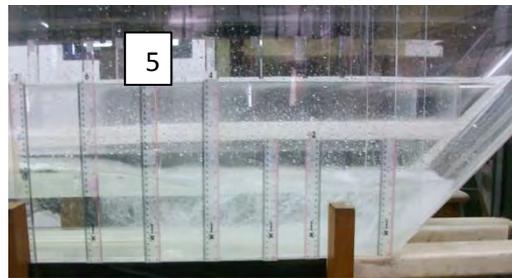
Sumber : Hasil pengamatan dan pengolahan data.



(a)



(b)

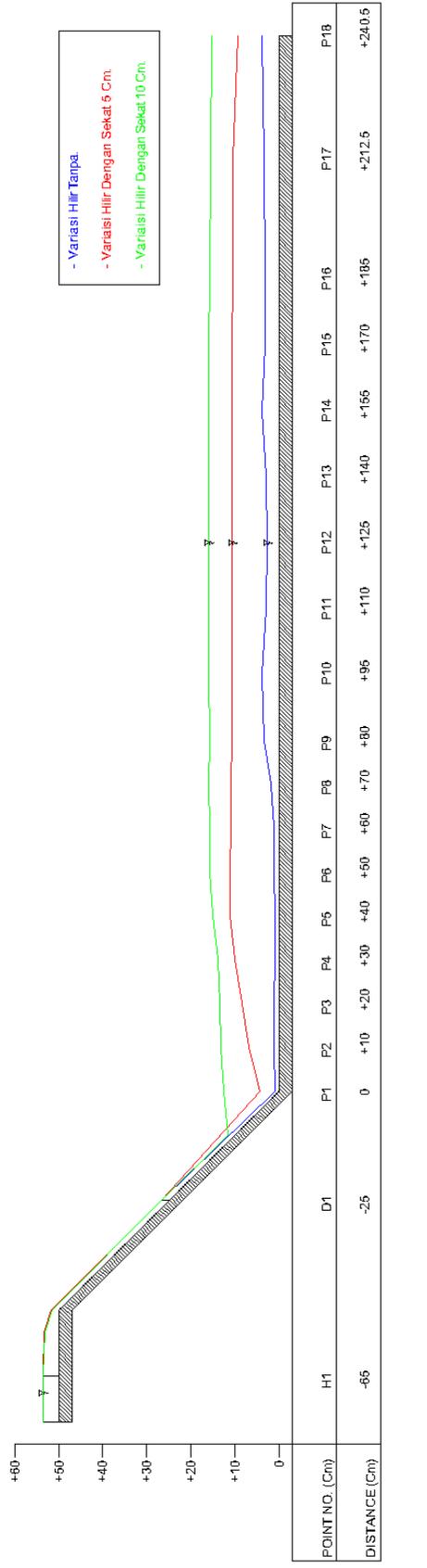


(c)

Gambar 4.10 Foto Aliran Pada Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan 30 cm (A) Tanpa Sekat, (B) Dengan Sekat 5 cm, Dan (C) Dengan Sekat 10 cm.

Pada gambar simulasi model skenario 4 (Gambar 4.10 a,b,c) terlihat terjadi peningkatan ketinggian muka air yang cukup besar dan pergeseran posisi serta model loncatan air yang ditunjukkan dengan golakan air yang menimbulkan perubahan warna air menjadi lebih putih. Pada gambar 4.10 (a) loncatan air terjadi mulai titik pengamatan 6, pada gambar 4.10 (b) loncatan air terjadi mulai titik pengamatan 1 yaitu di kaki terjunan sampai pada titik pengamatan 5, dan pada gambar 4.10 (c) loncatan air terjadi mulai sebelum titik pengamatan 1 sampai pada titik pengamatan 5. Data hasil pengamatan kemudian dibuat dalam gambar profil memanjang kolam olak pada gambar 4.11.

**PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK
TIPE MAJEMUK DENGAN SISI TEPI
30 Cm (SKENARIO 4)**



Gambar 4.1.1 Profil Memanjang Kolam Olak Tipe Majemuk Dengan Sisi Tepi Dinaikan Setinggi 30 Cm (Skenario 4)

Pada hasil percobaan yang dilakukan terjadi perbedaan debit yang disebabkan oleh faktor non teknis pada pompa. Perbedaan debit terjadi pada skenario 1 dan 3 skenario model lainnya atau skenario majemuk (skenario 2, 3, dan 4). Pada skenario 1 debit yang dihasilkan sebesar 0,008416 m³/detik atau 8,416 liter/detik, sedangkan pada 3 percobaan skenario lainnya yaitu skenario 2, 3, dan 4 debit yang dihasilkan sama yaitu 0,006890 m³/detik atau 6,890 liter/detik.

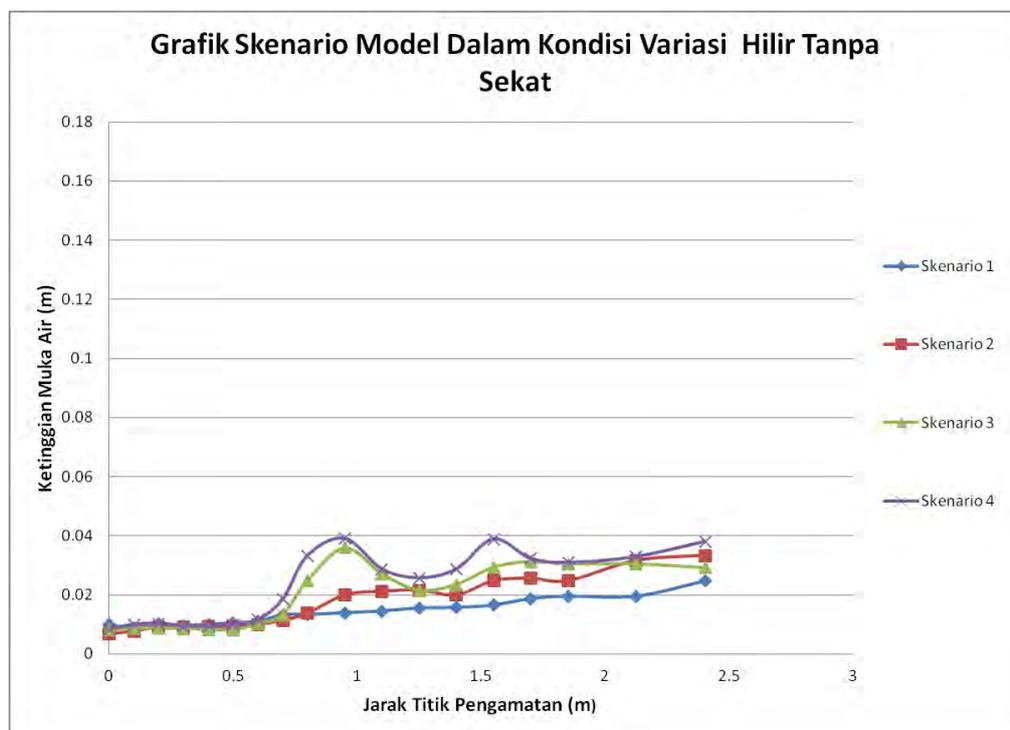
4.2 Analisa Hasil Uji Model Fisik

Analisa diawali dengan analisa keseluruhan pergerakan aliran pada kolam olak. Untuk dapat melihat secara keseluruhan maka diambil nilai rata-rata dari setiap variabel mulai dari hulu sampai kehilir. Analisa dibagi berdasarkan kondisi hilir kolam olak agar mempermudah melakukan perbandingan, yaitu :

1) Variasi Tanpa Sekat

Variasi tanpa sekat merupakan kondisi hilir kolam olak tanpa hambatan.

Ketinggian muka air pada ruang olak untuk variasi hilir tanpa sekat tersaji dalam grafik 4.12.



Gambar 4.12 Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Tanpa Sekat.

Rata-rata muka air pada ruang olak dari setiap skenario model tergambar dalam grafik 4.13, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.13 Grafik Ketinggian Muka Air Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat.

Grafik diatas menunjukkan rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak mulai dari kaki terjunan yaitu titik pengamatan 1 (P1), sampai hilir kolam olak atau titik pengamatan 18 (P18) untuk setiap skenario model yaitu skenario 1 untuk kolam olak tipe datar, skenario 2 untuk kolam olak dengan sisi tepi 10 cm, skenario 3 untuk kolam olak dengan sisi tepi 20 cm, dan skenario 4 untuk kolam olak dengan sisi tepi 30 cm. Rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak mengalami peningkatan seiring peningkatan skenario model atau seiring peningkatan ketinggian sisi tepi kolam olak. Tinjauan terhadap hidraulik aliran pada kolam olak dalam kondisi tanpa sekat kemudian diuraikan sebagai berikut :

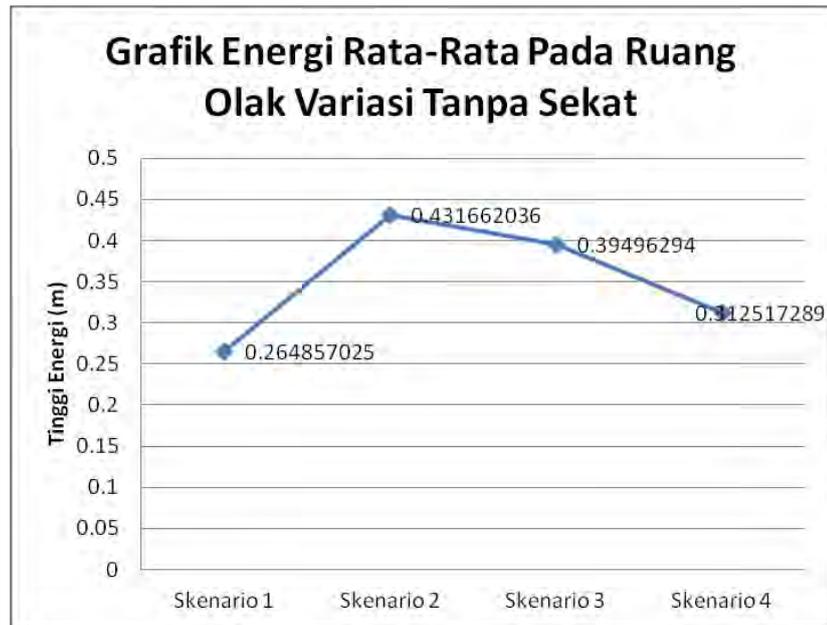
- Kecepatan aliran rata-rata yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 mengalami penurunan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.14, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.14 Grafik Kecepatan Aliran Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat.

Sedangkan untuk skenario 1 kecepatan rata-rata aliran yaitu 2,1374 m/detik berada diantara kecepatan aliran pada skenario 3, dan skenario 4.

- Tinggi energi yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 mengalami penurunan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.15, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.15 Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Tanpa Sekat.

Sedangkan untuk skenario 1 energi rata-rata yaitu 0,265 m yang merupakan rata-rata energi terkecil dari setiap skenario.

- Bagian dari loncatan air yang ditinjau dalam penelitian ini adalah tinggi puncak loncatan air pada setiap kondisi. Pada kondisi variasi tanpa sekat tinggi puncak loncatan air mengalami peningkatan seiring peningkatan skenario model atau peningkatan tinggi sisi tepi model kolam olak, hal itu terlihat dari grafik 4.16.

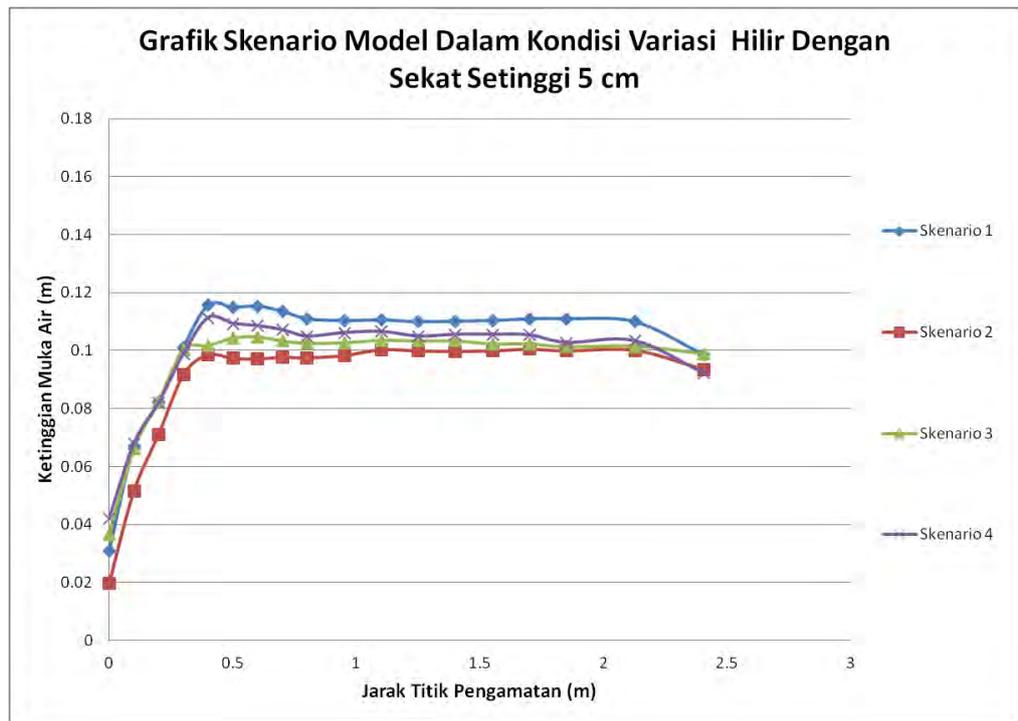


Gambar 4.16 Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Tanpa Sekat.

Maka secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa skenario model yang diuji pada kondisi hilir dengan variasi tanpa sekat atau bebas hambatan menunjukkan semakin tinggi skenario model atau sisi tepi kolam olak berakibat pada penurunan kecepatan aliran, penurunan tinggi energi, penurunan besaran bilangan froude, dan peningkatan tinggi puncak loncatan air.

2) Variasi Dengan Sekat Setinggi 5 cm

Variasi dengan sekat setinggi 5 cm merupakan kondisi dimana pada bagian hilir kolam olak dipasang sekat atau penghalang setinggi 5 cm. Pada variasi ini kondisi yang didapat kondisi muka air pada kolam olak cenderung lebih tebal dari tanpa sekat, hal ini akibat pembuatan sekat atau penghalang sehingga terjadi *backwater* yang mengakibatkan permukaan air mengalami peningkatan. Ketinggian muka air pada ruang olak untuk variasi hilir dengan sekat 5 cm tersaji dalam grafik 4.17.



Gambar 4.17 Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Sekat 5 cm.

Pada variasi kondisi ini rata-rata muka air pada ruang olak dari setiap skenario model tergambar dalam grafik 4.18, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.18 Grafik Rata-Rata Ketinggian Muka Air Pada Variasi Sekat 5 cm.

Grafik diatas menunjukkan rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak mulai dari kaki terjunan yaitu titik pengamatan 1 (P1), sampai

hilir kolam olak atau titik pengamatan 18 (P18) untuk setiap skenario model yaitu skenario 1 untuk kolam olak tipe datar, skenario 2 untuk kolam olak dengan sisi tepi 10 cm, skenario 3 untuk kolam olak dengan sisi tepi 20 cm, dan skenario 4 untuk kolam olak dengan sisi tepi 30 cm. Rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak terutama pada skenario majemuk mengalami peningkatan seiring peningkatan skenario model atau seiring peningkatan ketinggian sisi tepi kolam olak. Sedangkan skenario 1 adalah skenario dengan tinggi muka air tertinggi dari ke 3 model lainnya. Tinjauan terhadap hidraulik aliran pada kolam olak dalam kondisi variasi sekat 5 cm kemudian diuraikan sebagai berikut :

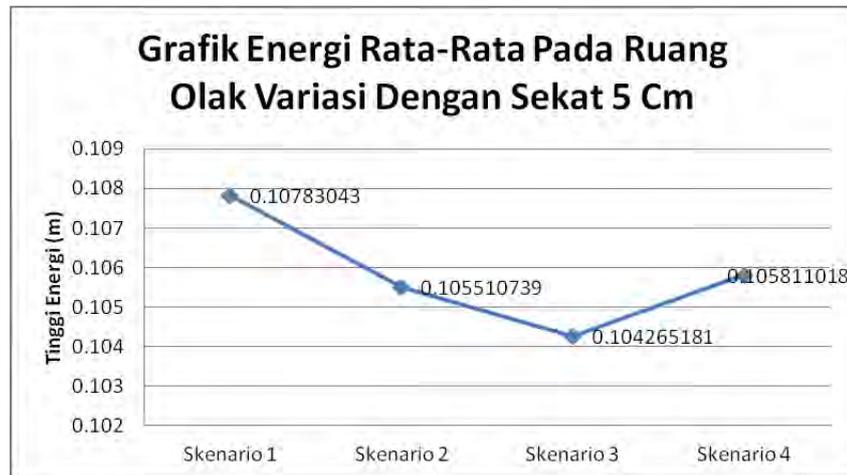
- Kecepatan aliran rata-rata yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 mengalami penurunan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.19, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.19 Grafik Kecepatan Aliran Rata-Rata Pada Variasi Sekat 5 cm.

Sedangkan untuk skenario 1 kecepatan rata-rata aliran yaitu 0,3048 m/detik yang merupakan skenario dengan kecepatan terendah dari ke 3 skenario lainnya.

- Tinggi energi yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 tidak berurutan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.20, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.20 Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Sekat 5 cm.

Titik energi rata-rata tertinggi terjadi pada skenario 1 sedangkan pada skenario majemuk terjadi pada skenario 4. Dan titik energi rata-rata terendah terjadi pada skenario 3.

- Bagian dari loncatan air yang ditinjau dalam penelitian ini adalah tinggi puncak loncatan air pada setiap kondisi. Pada kondisi variasi dengan sekat 5 cm tinggi puncak loncatan air mengalami peningkatan terutama pada skenario majemuk seiring peningkatan skenario model atau peningkatan tinggi sisi tepi model kolam olak, hal itu terlihat dari grafik 4.21.



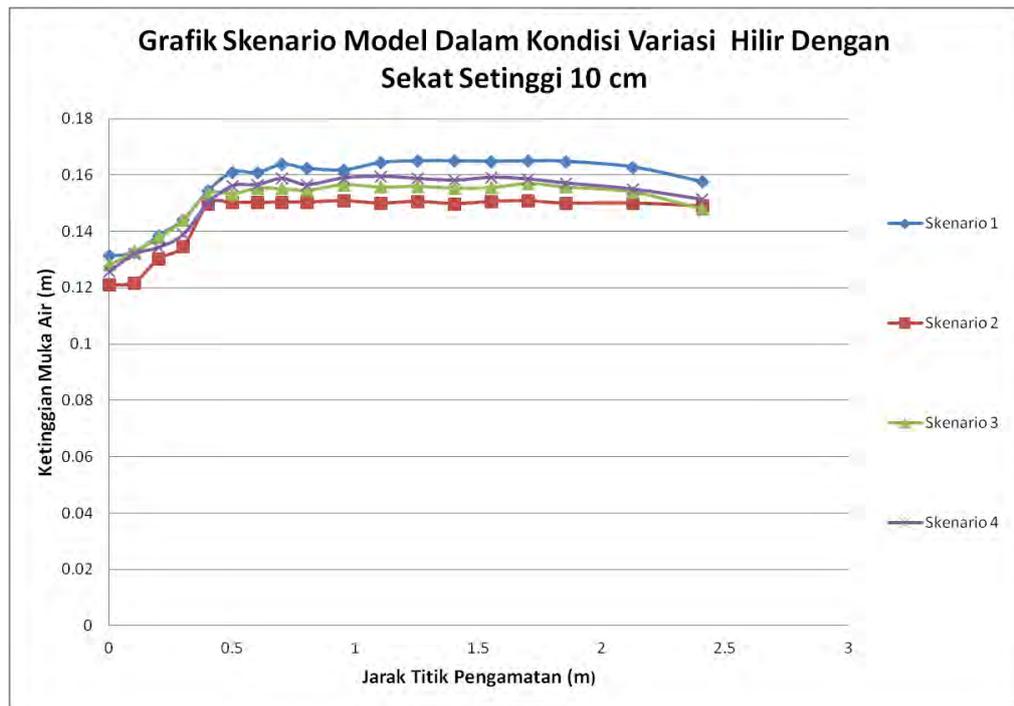
Gambar 4.21 Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Sekat 5 cm.

Sedangkan untuk skenario 1 tinggi puncak loncatan air adalah paling tinggi yaitu 0,1158 m dari antara ke 3 skenario lainnya.

Maka secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa skenario model yang diuji pada kondisi hilir dengan variasi sekat 5 cm menunjukkan semakin tinggi skenario model atau sisi tepi kolam olak berakibat pada penurunan kecepatan aliran, tinggi energi menjadi tidak beraturan, penurunan besaran bilangan froude, dan peningkatan tinggi puncak loncatan air.

3) Variasi Dengan Sekat Setinggi 10 cm

Variasi dengan sekat setinggi 10 cm merupakan kondisi dimana pada bagian hilir kolam olak dipasang sekat atau penghalang setinggi 10 cm. Pada variasi ini kondisi yang didapat kondisi muka air pada kolam olak cenderung lebih tebal dari 2 kondisi sebelumnya, hal ini akibat pembuatan sekat atau penghalang yang semakin tinggi sehingga terjadi *backwater* yang mengakibatkan permukaan air mengalami peningkatan. Ketinggian muka air pada ruang olak untuk variasi hilir dengan sekat 5 cm tersaji dalam grafik 4.22.



Gambar 4.22 Grafik Ketinggian Muka Air Variasi Sekat 5cm..

Pada variasi kondisi ini rata-rata muka air pada ruang olak dari setiap skenario model tergambar dalam grafik 4.23, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.23 Grafik Rata-Rata Ketinggi Muka Air Pada Variasi Sekat 10 cm.

Grafik diatas menunjukkan rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak mulai dari kaki terjunan yaitu titik pengamatan 1 (P1), sampai hilir kolam olak atau titik pengamatan 18 (P18) untuk setiap skenario model yaitu skenario 1 untuk kolam olak tipe datar, skenario 2 untuk kolam olak dengan sisi tepi 10 cm, skenario 3 untuk kolam olak dengan sisi tepi 20 cm, dan skenario 4 untuk kolam olak dengan sisi tepi 30 cm. Rata-rata ketinggian muka air yang terjadi pada ruang olak mengalami peningkatan terutama pada skenario majemuk mengalami peningkatan seiring peningkatan skenario model atau seiring peningkatan ketinggian sisi tepi kolam olak. Sedangkan skenario 1 adalah skenario dengan tinggi muka air tertinggi dari ke 3 model lainnya. Tinjauan terhadap hidraulik aliran pada kolam olak dalam kondisi variasi sekat 10 cm kemudian diuraikan sebagai berikut :

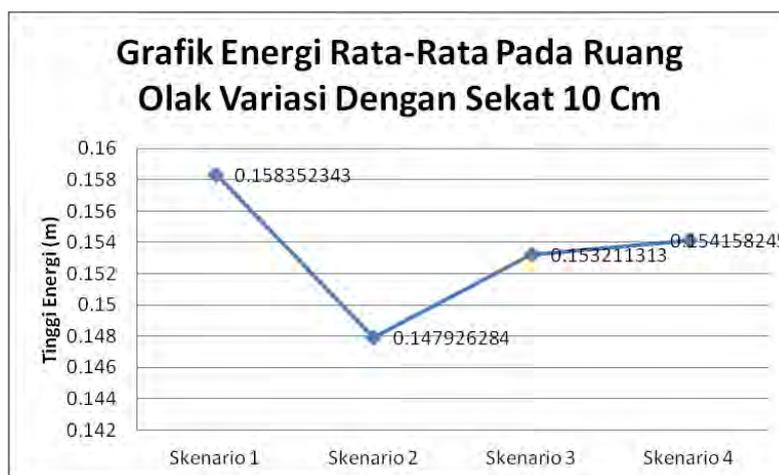
- Kecepatan aliran rata-rata yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 mengalami penurunan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.24, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.24 Grafik Kecepatan Aliran Rata-Rata Pada Variasi Sekat 10 cm.

Sedangkan untuk skenario 1 kecepatan rata-rata aliran yaitu 0,18008 m/detik yang merupakan skenario dengan kecepatan terendah dari ke 3 skenario lainnya.

- Tinggi energi yang terjadi pada kondisi ini untuk setiap skenario model majemuk yaitu skenario 2, 3, dan 4 mengalami peningkatan seiring peningkatan model skenario atau peningkatan tinggi sisi tepi ruang olak. Hal ini tergambar dalam grafik 4.25, yaitu sebagai berikut :



Gambar 4.25 Grafik Energi Rata-Rata Pada Variasi Sekat 10 cm.

Titik energi rata-rata tertinggi terjadi pada skenario 1 yaitu 0,1583 m dibandingkan dengan 3 skenario majemuk lainnya.

- Bagian dari loncatan air yang ditinjau dalam penelitian ini adalah tinggi puncak loncatan air pada setiap kondisi. Pada kondisi variasi dengan sekat 10 cm tinggi puncak loncatan air mengalami peningkatan terutama pada skenario majemuk seiring peningkatan skenario model atau peningkatan tinggi sisi tepi model kolam olak, hal itu terlihat dari grafik 4.26.



Gambar 4.26 Grafik Tinggi Puncak Loncatan Air Pada Variasi Sekat 10 cm.

Sedangkan untuk skenario 1 tinggi puncak loncatan air adalah paling tinggi yaitu 0,1158 m dari antara ke 3 skenario lainnya.

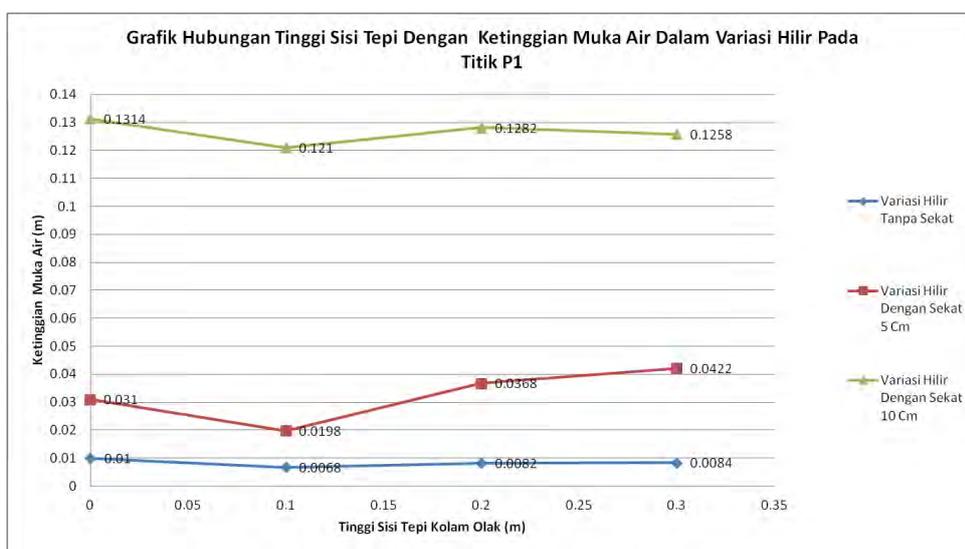
Data yang telah didapatkan berupa data ketinggian muka air untuk setiap skenario kemudian dimasukkan dalam bentuk grafik, sehingga lebih mudah dalam melakukan analisa terutama pergerakan air pada rung olak yang dimulai dari kaki terjunan hingga hilir kolam olak. Grafik dibuat dengan menggabungkan setiap skenario percobaan berdasarkan variasi sekat pada hilir, yaitu grafik skenario model dalam kondisi variasi hilir tanpa sekat (gambar 4.12), grafik skenario model dalam kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 5 cm (gambar 4.13), grafik skenario model dalam kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 10 cm (gambar 4.14)

Grafik skenario model dalam variasi hilir tanpa sekat (gambar 4.12) menunjukkan bahwa kondisi muka air paling tinggi diruang olak adalah muka air pada skenario 4 (kolam olak dengan tinggi sisi tepi 30 cm), yang kemudian diikuti skenario 3 (kolam olak dengan sisi tepi 20 cm), dan skenario 2 (kolam olak dengan sisi tepi 10 cm), sedangkan muka air paling rendah terjadi pada skenario 1 (kolam olak tipe datar).

Untuk melihat pengaruh pembuatan model terhadap tinggi aliran yang terjadi pada setiap skenario model, maka pengamatan dilakukan dengan mengambil 2 titik tinjau yang mampu memberikan gambaran tentang hidraulik aliran yang terjadi pada kolam olak utama. Dua titik tinjau yang diambil adalah titik tinjau 1 (P1) yang terletak di kaki terjunan, dan titik tinjau 12 (P12) yang terletak 125 cm dari titik 1. Ke 2 titik tinjau ini dianggap mewakili pegerakan aliran air sebelum terjadinya loncatan dan sesudah terjadinya loncatan energi.

4.2.1 Analisa Pada Titik Tinjau 1

Pada titik tinjau 1 atau P1 yang berada tepat di kaki terjunan ketinggian muka air untuk setiap skenario model ditampilkan dalam grafik berdasarkan variasi pada bagian hilir sehingga mudah dalam melakukan analisa. Grafik hubungan ketinggian muka air pada titik tinjau 1 atau P1 dengan tinggi sisi tepi kolam olak / beda tinggi kolam olak utama dan sekunder adalah sebagai berikut :



Gambar 4.27 Grafik Hubungan Tinggi Sisi Tepi Dengan Ketinggian Muka Air Dalam Variasi Hilir Pada Titik P1.

Data ketinggian muka air kemudian dianalisa untuk dapat mengetahui pengaruh ketinggian sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak utama dan kolam olak sekunder terhadap perilaku hidraulik

aliran. Untuk setiap skenario 1 atau pada kolam olak dengan sisi tepi datar debit yang dihasilkan adalah sebesar 0,008416 m³/detik. Sedangkan pada setiap skenario majemuk (skenario 2, 3, dan 4) atau pada kolam olak dengan sisi tepi setinggi 10 cm, 20 cm, dan 30 cm debit yang dihasilkan adalah sebesar 0,006890 m³/detik. Debit sebesar 0,006890 m³/detik pada skenario mejamuk tidak semua masuk ke kolam olak utama, sehingga adanya pembagian debit sesuai lebar kolam olak utama, yaitu sebagai berikut :

- Lebar Kolam Olak = 30 cm = 0,3 m
- Lebar Kolam Olak Utama = 20 cm = 0,2 m
- Faktor pembagian debit = $\frac{0,2}{0,3} = 0,67$
- Debit kolam olak utama = $0,00689 \times 0,67 = 0,0046 \text{ m}^3/\text{detik}$

Untuk dapat membandingkan hasil uji setiap skenario model maka harus agar mengetahui pengaruh pembuatan model terhadap aliran yang terjadi maka dicari perbandingan antara kedalaman normal dan kedalaman kritis. Perbandingan antara kedalaman normal dan kedalaman kritis memeberikan gambaran kekeritisan aliran dimana ketika perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis lebih besar dari 1 maka aliran yang terjadi adalah subkritis. Sedangkan ketika kedalaman normal dan kedalaman kritis lebih kecil dari 1 maka aliran yang terjadi adalah superkritis. Maka untuk titik tinjau 1 perhitungan kekeritisan aliran menjadi :

- Kedalaman Kritis (Hc) pada skenario 1

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$q = \frac{Q}{B}$$

Pada skenario 1 Q = 0,008416 m³/detik, dan B = 0,3 m, maka :

$$q = \frac{0,008416}{0,3}$$

$$q = 0,028 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{0,028^2}{9,81}}$$

$$Hc = 0,043 \text{ m}$$

➤ Kedalaman Kritis (Hc) pada skenario majemuk (skenario 2,3, dan 4)

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$q = \frac{Q}{B}$$

Pada skenario majemuk $Q = 0,0046 \text{ m}^3/\text{detik}$, dan $B = 0,2 \text{ m}$, maka :

$$q = \frac{0,0046}{0,2}$$

$$q = 0,0225 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Hc = \sqrt[3]{\frac{0,0225^2}{9,81}}$$

$$Hc = 0,037 \text{ m}$$

Perbandingan besaran nilai kedalaman normal dan kedalaman kritis pada titik tinjau 1 dalam berbagai variasi sekat pada bagian hilir ditunjukkan dalam tabel 4.5, 4.6, dan 4.7.

Tabel 4.5 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Tanpa Sekat Pada Titik Tinjau 1.

Variasi Tanpa Sekat	Tinggi Sisi Tepi (m)	H (m)	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.01	0.043	0.2326	1
Skenario 2	0.1	0.0068	0.037	0.1838	4
Skenario 3	0.2	0.0082	0.037	0.2216	3
Skenario 4	0.3	0.0084	0.037	0.2270	2

Sumber : Perhitungan

Perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis kemudian dirangking dari yang paling tinggi nilainya untuk memudahkan melihat skenario mana yang memiliki nilai perbandingan paling besar yang menjadi rangking 1. Pada kondisi variasi hilir tanpa sekat pada titik tinjau 1 atau titik tinjau sebelum loncatan energi, terlihat bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari rangking yang paling tinggi yaitu skenario 1, skenario 4, skenario 3, dan skenario 2. Pada skenario majemuk hasil yang didapat menunjukkan menjadi semakin majemuk atau tinggi sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak sekunder dan kolam olak utama maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik. Namun besaran perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis untuk skenario majemuk masih lebih kecil dari pada hasil skenario 1 (kolam olak tipe datar).

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 5 Cm Pada Titik Tinjau 1.

Variasi Sekat 5 cm	Tinggi Sisi Tepi (m)	H (m)	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.031	0.043	0.7209	3
Skenario 2	0.1	0.0198	0.037	0.5351	4
Skenario 3	0.2	0.0368	0.037	0.9946	2
Skenario 4	0.3	0.0422	0.037	1.1405	1

Sumber : Perhitungan

Pada kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 5 cm terlihat bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari rangking yang paling tinggi yaitu skenario 4, skenario 3, skenario 1, dan skenario 2. Pada skenario majemuk hasil yang didapat menunjukkan bahwa semakin tinggi sisi tepi kolam olak maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik. Hal ini tetap berlaku walau pun rangking skenario 2 lebih kecil dari rangking skenario 1.

Tabel 4.7 Perbandingan Nilai Kedalam Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 10 Cm Pada Titik Tinjau 1.

Variasi Sekat 10 cm	Tinggi Sisi Tepi (m)	H (m)	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.1314	0.043	3.0558	4
Skenario 2	0.1	0.121	0.037	3.2703	3
Skenario 3	0.2	0.1282	0.037	3.4649	1
Skenario 4	0.3	0.1258	0.037	3.4000	2

Sumber : Perhitungan

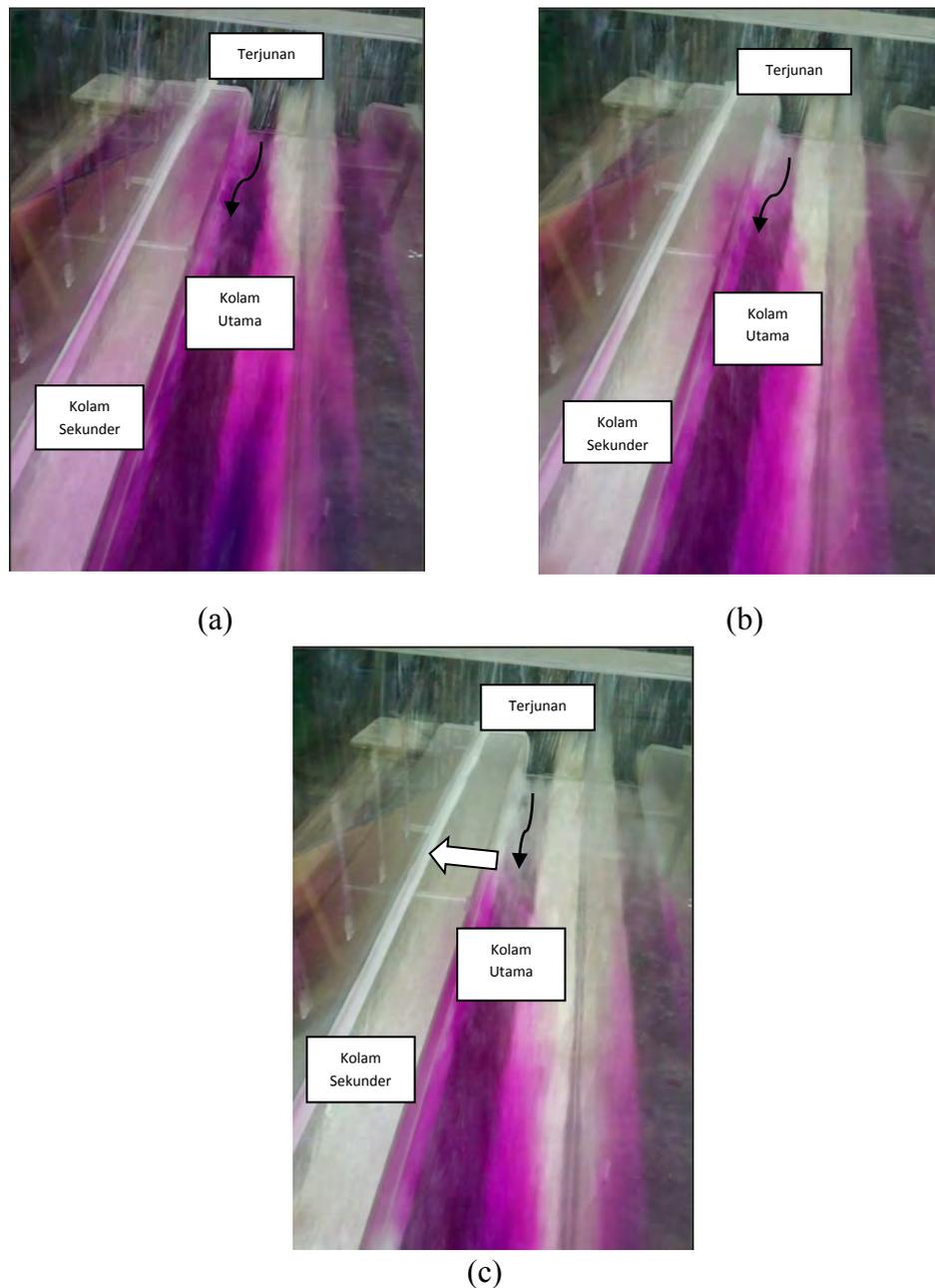
Pada kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 10 cm terlihat bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari rangking yang paling tinggi yaitu skenario 3, skenario 4, skenario 2, dan skenario 1. Pada skenario majemuk hasil yang didapat menunjukkan bahwa semakin tinggi sisi tepi kolam olak maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik. Hal ini tetap berlaku walau pun rangking skenario 4 lebih kecil dari rangking skenario 3.

Dari analisa diatas pada titik tinjau 1 atau titik tinjau sebelum loncatan energi, maka dapat disimpulkan pada kondisi hilir variasi tanpa sekat, dengan variasi sekat 5 cm dan sekat 10 cm bahwa peningkatan skenario majemuk menunjukkan performa model peredam semakin baik.

Namun pada kondisi hilir tanpa sekat dan kondisi hilir dengan variasi sekat 10 cm hipotesa awal yang menyatakan bahwa model kolam olak dengan tipe majemuk dapat meredam energi air lebih baik dari kolam olak berpenampang datar tidak berlaku. Hal ini dapat dilihat dari besaran nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis antara hasil skenario 1 dan hasil skenario majemuk. Sedangkan pada kondisi hilir dengan sekat 5 cm hipotesa tersebut berlaku meski pun besaran perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis pada skenario 2 tidak lebih besar dari skenario 1.

4.2.2 Analisa Pada Titik Tinjau 12

Titik 12 atau P 12 dipilih sebagai titik tinjau sebab titik ini merupakan titik setelah loncatan energi. Pada titik ini debit pada kolam olak utama telah menjadi debit semula atau debit yang dihasilkan pompa. Hal ini dibuktikan dengan foto hasil pengamatan yaitu sebagai berikut (gambar 4.28) :

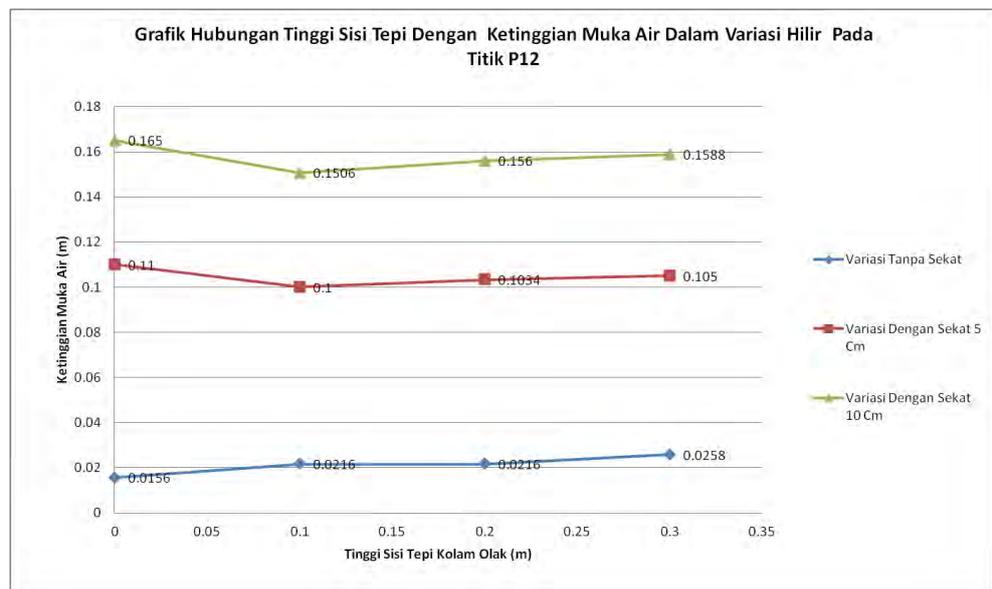


Gambar 4.28 Foto Aliran Pada Kolam Olak Berpenampang Majemuk.

Pada gambar 4.28 (a), (b), dan (c) aliran air mengalir melalui terjunan dan masuk ke kolam olak sekunder maupun kolam olak utama. Gambar 4.28 (a) terlihat aliran yang diberi tinta ungu mengalir diatas ruang olak sekunder dan ruang olak utama. Gambar 4.28 (b) aliran yang diberi tinta ungu yang mengalir diatas ruang olak sekunder namun hampir sebagian besar mengalir kearah ruang olak utama. Gambar 4.28 (c) aliran

yang diberi tinta ungu yang mengalir diatas ruang olak sekunder secara keseluruhan mengalir kearah ruang olak utama pada titik tinjau 8 (P8). Namun pada beberapa skenario percobaan pada titik tinjau 8 belum terjadi loncatan energi, sehingga yang diambil sebagai titik tinjau adalah titik tinjau 12 (P12).

Grafik hubungan ketinggian muka air pada titik tinjau 12 atau P12 dengan tinggi sisi tepi kolam olak / beda tinggi kolam olak utama dan sekunder adalah sebagai berikut :



Gambar 4.29 Grafik Hubungan Tinggi Sisi Tepi Dengan Ketinggian Muka Air Dalam Variasi Hilir Pada Titik P12.

Data ketinggian muka air kemudian dianalisa untuk dapat mengetahui pengaruh ketinggian sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak utama dan kolam olak sekunder terhadap perilaku hidraulik aliran pada titik tinjau 12 atau titik tinjau setelah loncatan energi terjadi. Analisa dilakukan dengan membandingkan kedalaman normal dan kedalaman kritis seperti pada titik tinjau 1 sebelumnya. Pada titik tinjau 12, debit untuk skenario majemuk adalah debit keseluruhan yang dihasilkan pompa tanpa melakukan pembagian debit, namun lebar saluran bervariasi hal ini disebabkan oleh tinggi muka air. Ketika tinggi muka air melebihi tinggi sisi tepi kolam olak maka lebar yang digunakan adalah 0,3 m sedangkan

ketika tinggi muka air tidak lebih dari tinggi sisi tepi kolam olak maka lebar yang digunakan adalah 0,2 m, sehingga hasil perhitungan untuk titik tinjau 12 disajikan sesuai variasi pada hilir yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.8 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Tanpa Sekat Pada Titik Tinjau 12.

Variasi Tanpa Sekat	Tinggi Sisi Tepi (m)	HP12 (m)	Q	B	q	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.0156	0.008461	0.3	0.028203	0.0433	0.3604242	4
Skenario 2	0.1	0.0216	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	0.4367343	3
Skenario 3	0.2	0.0216	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	0.4367343	2
Skenario 4	0.3	0.0258	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	0.5216548	1

Sumber : Perhitungan

Pada kondisi variasi hilir tanpa sekat pada titik tinjau 12 atau titik tinjau sebelum loncatan energi, terlihat bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari rangking yang paling tinggi yaitu skenario 1, skenario 4, skenario 3, dan skenario 2. Pada titik tinjau ini setiap peningkatan skenario pada model majemuk menunjukkan menjadi semakin majemuk atau tinggi sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak sekunder dan kolam olak utama maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik.

Tabel 4.9 Perbandingan Nilai Kedalaman Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 5 Cm Pada Titik Tinjau 12.

Variasi Sekat 5 cm	Tinggi Sisi Tepi (m)	HP12 (m)	Q	B	q	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.11	0.008461	0.3	0.028203	0.0433	2.5414529	1
Skenario 2	0.1	0.1	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	2.0219179	4
Skenario 3	0.2	0.1034	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	2.0906631	3
Skenario 4	0.3	0.105	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	2.1230138	2

Sumber : Perhitungan

Pada kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 5 cm pada titik tinjau 12 atau titik tinjau sebelum loncatan energi, terlihat juga bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari

rangking yang paling tinggi yaitu skenario 1, skenario 4, skenario 3, dan skenario 2. Pada titik tinjau ini setiap juga peningkatan skenario menjadi semakin majemuk atau tinggi sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak sekunder dan kolam olak utama maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik.

Tabel 4.10 Perbandingan Nilai Kedalam Normal Dan Kedalaman Kritis Pada Variasi Hilir Dengan Sekat Setinggi 5 Cm Pada Titik Tinjau 1.

Variasi Sekat 10 cm	Tinggi Sisi Tepi (m)	H P12 (m)	Q	B	q	Hc	H/Hc	Rangking
Skenario 1	0	0.165	0.008461	0.3	0.028203	0.0433	3.8121793	2
Skenario 2	0.1	0.1506	0.00689	0.3	0.022967	0.0377	3.9900897	1
Skenario 3	0.2	0.156	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	3.1541919	4
Skenario 4	0.3	0.1588	0.00689	0.2	0.03445	0.0495	3.2108056	3

Sumber : Perhitungan

Pada kondisi variasi hilir dengan sekat setinggi 10 cm pada titik tinjau 12 atau titik tinjau sebelum loncatan energi, terlihat juga bahwa nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis jika diurutkan dari rangking yang paling tinggi yaitu skenario 4, skenario 3, skenario 2, dan skenario 1. Pada titik tinjau ini setiap juga peningkatan skenario menjadi semakin majemuk atau tinggi sisi tepi kolam olak atau beda tinggi kolam olak sekunder dan kolam olak utama maka nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis semakin besar juga atau semakin kearah subkritis yang artinya proses peredaman semakin baik. Hal ini tetap berlaku walau pun rangking skenario 3 dan 4 lebih kecil dari rangking skenario 2.

Dari analisa diatas pada titik tinjau 12 atau titik tinjau setelah loncatan energi, maka dapat disimpulkan pada kondisi hilir variasi tanpa sekat, dengan variasi sekat 5 cm dan sekat 10 cm bahwa peningkatan skenario majemuk menunjukkan performa model peredam semakin baik. Namun pada kondisi hilir tanpa sekat hipotesa awal yang menyatakan bahwa model kolam olak dengan tipe majemuk dapat meredam energi air

lebih baik dari kolam olak berpenampang datar tidak berlaku. Hal ini dapat dilihat dari besaran nilai perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis antara hasil skenario 1 dan hasil skenario majemuk. Sedangkan pada kondisi varisi hilir dengan sekat 5 cm dan dengan sekat 10 cm hipotesa tersebut berlaku meski pun besaran perbandingan kedalaman normal dan kedalaman kritis pada skenario 2 dan 4 tidak lebih besar dari skenario 1.

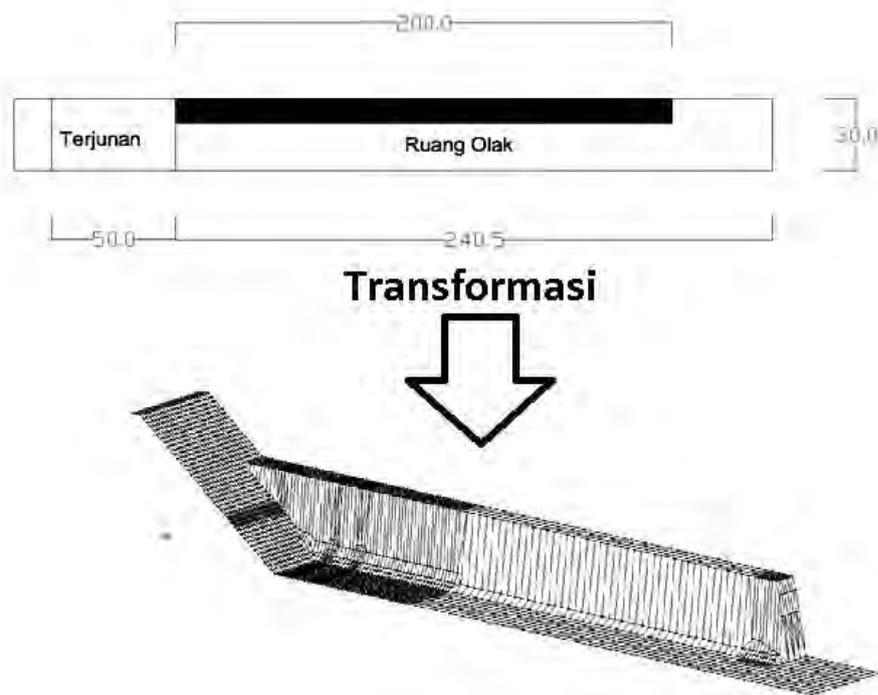
Penelitian kemudian dilanjutkan pada model matematik agar dapat melihat korelasi model matematik dengan model fisik sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dan koreksi untuk membuat model matematik yang lebih baik serta mampu memberikan gambaran yang sesuai dengan kondisi kenyataan seperti pada uji model fisik. Hal ini dilakukan agar pengembangan dan penerapan model kolam olak tipe majemuk ini menjadi lebih mudah dalam pengaplikasian.

Model matematik yang akan dibuat yaitu dengan bantuan program komputer SMS (Surface Modeling Water System) dengan memanfaatkan metode Hivel 2d yang telah ada dalam program tersebut. Metode hivel 2d model matematik yang didesain untuk mensimulasikan aliran pada tipikal saluran dengan kecepatan tinggi, yang sesuai dengan keadaan model.

4.3 Proses Pelaksanaan Uji Model Matematik

Proses uji model matematik dilakukan untuk mengetahui korelasi antara model matematik dan hasil uji model fisik, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pembuatan model matematik yang lebih mampu memberikan gambaran sesuai dengan kondisi model fisik. Agar mempermudah dalam proses penerapan model kolam olak tipe majemuk dalam perencanaan kolam olak.

Tahap awal pembuatan model matematik yaitu dengan mentransformasikan gambar model dalam bentuk 2 dimensi dari Auto Cad ke bentuk 3 dimensi atau dalam bentuk mesh modul menggunakan program SMS seperti pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Transformasi Model Matematik

Model matematik yang dibuat adalah model matematik untuk skenario majemuk yaitu sesuai hasil model fisik yaitu skenario 2 untuk model dengan sisi tepi 10 cm, skenario 3 untuk model dengan sisi tepi 20 cm, dan skenario 3 untuk model dengan sisi tepi 30 cm. Hal ini disebabkan karena pada uji model fisik sebelumnya skenario majemuk mempunyai variabel pemasukan yaitu debit dan ketinggian muka air di hulu yang konstan yaitu $0.00689 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan 0.0358 m atau sama untuk setiap percobaan skenario modelnya. Dalam program SMS yang menggunakan metode Hivel 2D, variabel pemasukan utama yaitu debit dan ketinggian muka air di hulu. Untuk percobaan dengan variasi sekat pada bagian hilir saluran dapat dimasukkan variabel tambahan yaitu berupa ketinggian muka air di hilir saluran.

Setelah model matematik dalam bentuk mesh telah dibuat untuk setiap skenario majemuk yaitu model kolam olak dengan sisi tepi 10 cm, model kolam olak dengan sisi tepi 20 cm, dan model kolam olak dengan sisi tepi 30 cm maka

proses pemasukan variabel utama yaitu debit dan ketinggian muka air di hulu dapat dilakukan sehingga program dapat dijalankan.

Hasil yang didapatkan setelah menjalankan program SMS dengan metode Hivel 2D yaitu berupa data ketinggian muka air, arah arus, dan kecepatan aliran. Namun pada penelitian ini data yang diambil hanya data ketinggian muka air saja yang kemudian dibandingkan dengan hasil pengamatan uji model fisik untuk melihat korelasi antara ke 2 model.

Pada uji model matematik yang dijadikan titik tinjau utama lebih difokuskan pada tinggi loncatan air atau tinggi loncatan energi. Hal ini disebabkan pergerakan aliran pada model ini belum cukup stabil sehingga sulit untuk melakukan pengamatan. Berikut hasil pengujian model matematik untuk setiap skenario majemuk dalam berbagai kondisi variasi hilir (tanpa sekat, sekat 5 cm, dan sekat 10 cm) :

1) Pada Kondisi Variasi Hilir Tanpa Sekat

Pada kondisi ini model matematik yang dibuat dalam program SMS menyerupai model fisik, dengan data masukan yang digunakan adalah data ketinggian muka air hulu dan untuk kondisi hilir dimasukan kondisi superkritis pada model uji. Hasil untuk setiap skenario model majemuk adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Tanpa Sekat.

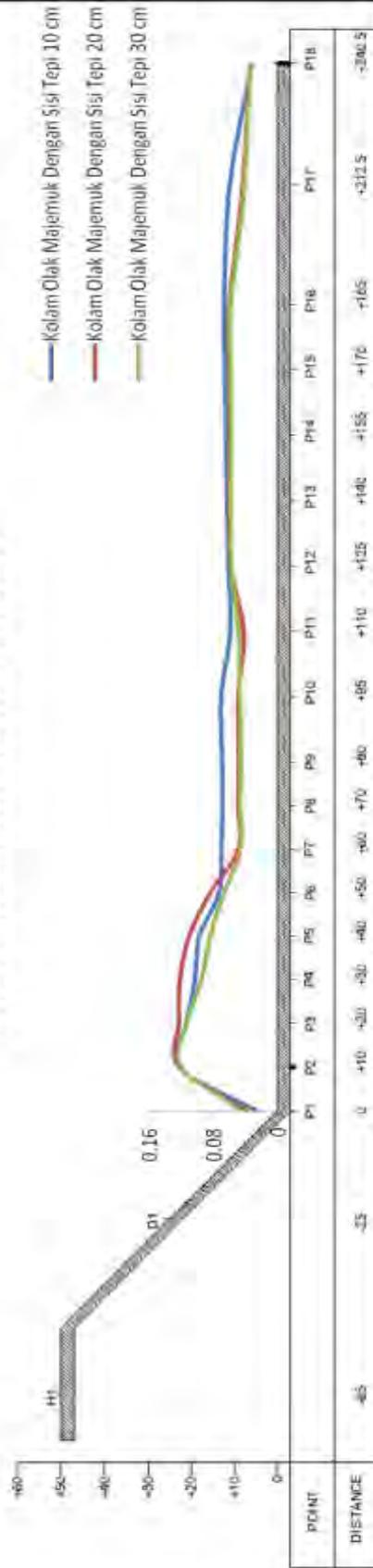
Titik Pengamatan	Jarak Titik Pengamatan (m)	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
		H (m)	H (m)	H (m)
Tanpa Sekat				
P1	0	0.02790459	0.0407751	0.04741016
P2	0.1	0.12360939	0.12357157	0.12065994
P3	0.2	0.11445936	0.12355022	0.11388597
P4	0.3	0.1039673	0.12206075	0.09563899
P5	0.4	0.09841248	0.11095201	0.08500233
P6	0.5	0.07386417	0.08481706	0.06781679
P7	0.6	0.07069895	0.05014052	0.04772524
P8	0.7	0.06945056	0.05068165	0.04807509
P9	0.8	0.06986913	0.04988928	0.04738097
P10	0.95	0.07124855	0.05038755	0.04818158
P11	1.1	0.05991009	0.04386816	0.04999994
P12	1.25	0.06203276	0.05991007	0.05910113
P13	1.4	0.06403939	0.06119454	0.0596194
P14	1.55	0.06524805	0.06120231	0.05969501
P15	1.7	0.0664569	0.06120254	0.05976151
P16	1.85	0.06766221	0.06122108	0.05983628
P17	2.125	0.06059746	0.04505026	0.04289776
P18	2.405	0.03301571	0.0358204	0.03583611

Sumber : Hasil running menggunakan program SMS.

Hasil yang telah didapat kemudian dibuat dalam grafik, yaitu sebagai berikut :

Grafik Ketinggian Muka Air (Variasi Tanpa Sekat)

PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK



Gambar 4.31 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Tanpa Sekat (Model Matematik).

Dari grafik 4.31 terlihat bahwa loncatan air terjadi pada titik P2 (+10) untuk setiap skenario model, dan yang memiliki puncak loncatan air tertinggi yaitu model kolam olak skenario 2 atau model dengan sisi tepi 10 cm kemudian diikuti oleh skenario 3 dan skenario 4.

2) Pada Kondisi Variasi Hilir Dengan Sekat 5 cm.

Pada kondisi ini model matematik yang dibuat dalam program SMS menyerupai model fisik, dengan data masukan yang digunakan adalah data ketinggian muka air hulu dan hilir pada model uji. Hasil untuk setiap skenario model majemuk adalah sebagai berikut :

Tabel 4.12 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Sekat 5 cm.

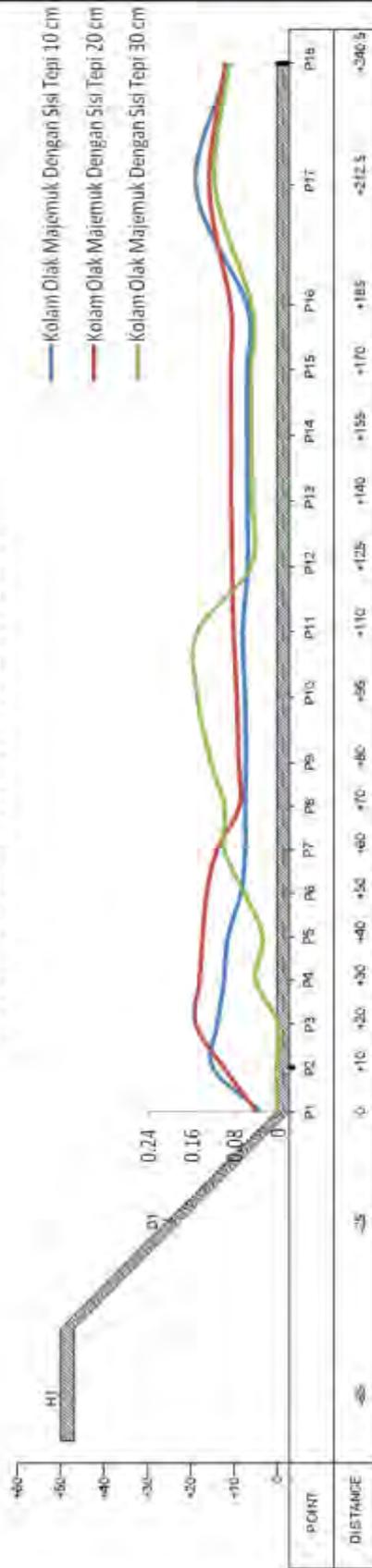
Titik Pengamatan	Jarak Titik Pengamatan (m)	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
		H (m)	H (m)	H (m)
Sekat 5 Cm				
P1	0	0.03461474	0.04248153	0.00405203
P2	0.1	0.12269912	0.10162684	0.00417448
P3	0.2	0.1135541	0.15300692	0.00148486
P4	0.3	0.10110485	0.14585636	0.04242968
P5	0.4	0.09392875	0.14028051	0.02983517
P6	0.5	0.06948612	0.13318242	0.06300279
P7	0.6	0.06149778	0.11373878	0.10091347
P8	0.7	0.06156963	0.07289407	0.10025667
P9	0.8	0.06026033	0.07453985	0.1250464
P10	0.95	0.06161111	0.07765205	0.15028068
P11	1.1	0.06600716	0.08386475	0.15049463
P12	1.25	0.05677752	0.08613738	0.0512203
P13	1.4	0.0577651	0.08843548	0.04895264
P14	1.55	0.05781764	0.0879944	0.05037912
P15	1.7	0.0579262	0.08875645	0.05090325
P16	1.85	0.05808415	0.08936302	0.04980296
P17	2.125	0.15431696	0.12848056	0.11771778
P18	2.405	0.0897999	0.09903416	0.09199447

Sumber : Hasil running menggunakan program SMS.

Hasil yang telah didapat kemudian dibuat dalam grafik, yaitu sebagai berikut :

Grafik Ketinggian Muka Air (Variasi Sekat 5 cm)

PROFIL MEMANJANG KOLAM OLAK



Gambar 4.32 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Sekat 5 Cm (Model Matematik).

Dari grafik 4.32 terlihat bahwa loncatan air tidak terjadi pada titik yang sama untuk setiap skenario model. Pada skenario 2 puncak loncatan air terjadi pada titik P2 (+10), skenario 3 puncak loncatan air terjadi pada titik P3 (+20), dan skenario 4 loncatan air terjadi pada titik P11 (+110). Dari ke 3 puncak loncatan air dengan posisi yang berbeda, loncatan tertinggi terjadi pada skenario 4, yang diikuti oleh skenario 3, dan skenario 2.

3) Pada Kondisi Variasi Hilir Dengan Sekat 10 cm.

Pada kondisi ini model matematik yang dibuat dalam program SMS menyerupai model fisik, dengan data masukan yang digunakan adalah data ketinggian muka air hulu dan hilir pada model uji. Hasil untuk setiap skenario model majemuk adalah sebagai berikut :

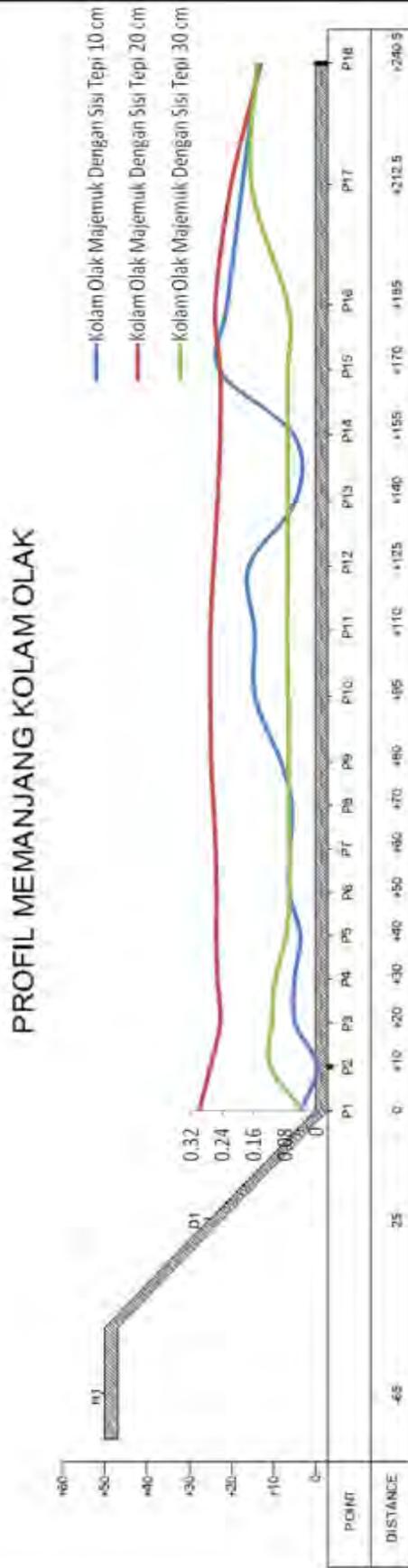
Tabel 4.13 Hasil Model Matematik Pada Kondisi Sekat 10 cm.

Titik Pengamatan	Jarak Titik Pengamatan (m)	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
		H (m)	H (m)	H (m)
Sekat 10 Cm				
P1	0	0.04147408	0.29798452	0.03759474
P2	0.1	0.00157846	0.27025655	0.11876687
P3	0.2	0.0575593	0.24540371	0.11512883
P4	0.3	0.05850259	0.25270798	0.10605119
P5	0.4	0.04372437	0.2553312	0.07859167
P6	0.5	0.07196861	0.25459278	0.06974203
P7	0.6	0.06942564	0.25709119	0.07019779
P8	0.7	0.065379	0.26238389	0.07161158
P9	0.8	0.09308255	0.26837059	0.07205548
P10	0.95	0.15944804	0.27050744	0.0730869
P11	1.1	0.16020008	0.27046003	0.07551856
P12	1.25	0.17511674	0.26213626	0.07387374
P13	1.4	0.05575759	0.25233019	0.07409136
P14	1.55	0.05928697	0.2453701	0.07407276
P15	1.7	0.24938063	0.24505632	0.0740538
P16	1.85	0.23008154	0.25795446	0.07404716
P17	2.125	0.19178439	0.21843197	0.16591627
P18	2.405	0.15068046	0.14269046	0.15279716

Sumber : Hasil running menggunakan program SMS.

Hasil yang telah didapat kemudian dibuat dalam grafik, yaitu sebagai berikut :

Grafik Ketinggian Muka Air (Variasi Sekat 10 cm)



Gambar 4.33 Grafik Ketinggian Muka Air Pada Kondisi Sekat 10 Cm.

Dari grafik 4.33 terlihat bahwa loncatan air tidak terjadi pada titik yang sama untuk setiap skenario model. Pada skenario 2 puncak loncatan air terjadi pada titik P12 (+125), skenario 3 puncak loncatan air terjadi pada titik P2 (+10), dan skenario 4 loncatan air terjadi pada titik sebelum P1. Dari ke 3 puncak loncatan air dengan posisi yang berbeda, loncatan tertinggi terjadi pada skenario 4, yang diikuti oleh skenario 2, dan skenario 3.

Hasil uji model fisik yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang bervariasi pada setiap skenario modelnya. Pada kondisi hilir model dengan sekat 5 cm dan sekat 10 cm, model mampu memberikan gambaran bahwa semakin tinggi sisi tepi model kolam olak berpenampang majemuk maka semakin tinggi juga loncatan air yang terjadi walau kondisi loncatan tidak berada pada titik yang sama. Sedangkan pada kondisi hilir tanpa sekat model kolam olak tidak memberikan gambaran yang baik tentang pengaruh pembuatan model dengan ketinggian air yang terjadi.

4.4 Perbandingan Hasil Model Fisik Dan Hasil Model Matematik

Hasil model matematik untuk setiap model skenario majemuk kemudian dibandingkan dengan hasil uji model fisik sehingga dapat mengetahui performa model matematik yang dibuat. Perbandingan ke 2 model ini disajikan dalam grafik sehingga lebih mudah dalam melakukan analisa.

1. Variasi Tanpa Sekat

Hasil uji model fisik skenario model kolam olak dengan variasi tanpa sekat kemudian dibandingkan dengan hasil uji model matematik yang menggunakan program bantuan SMS untuk melihat performa model matematik secara keseluruhan pada kondisi ini. Perbandingan model untuk skenario ini dibagi diurutkan mulai dari skenario model dengan sisi tepi 10 cm, skenario model dengan sisi tepi 20 cm dan skenario model dengan sisi tepi 30 cm, yaitu sebagai berikut :

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 10 cm



Gambar 4.34 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Tanpa Sekat).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 mengalami peningkatan secara signifikan, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P18 mengalami penurunan muka air. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,027 yang berarti lebih kecil dari 0,05 , sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini memiliki korelasi.

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 20 cm



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Tanpa Sekat).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 mengalami peningkatan secara signifikan, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P18 mengalami penurunan muka air. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,006 yang berarti lebih kecil dari 0,05, sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini memiliki korelasi.

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 30 cm



Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Tanpa Sekat).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 mengalami peningkatan secara signifikan, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P18 mengalami penurunan muka air. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,008 yang berarti lebih kecil dari 0,05, sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini memiliki korelasi.

Hasil uji permodelan matematik secara keseluruhan untuk model dengan kondisi variasi tanpa sekat yang diterapkan pada skenario majemuk menunjukkan adanya korelasi antara hasil model fisik dengan hasil model matematik, sehingga model matematik pada kondisi ini dapat digunakan untuk pengembangan model atau penerapan model dalam perencanaan model kolam olak dengan perbaikan-perbaikan untuk menyempurnakan model.

2. Variasi Sekat 5 cm

Hasil uji model fisik skenario model kolam olak dengan variasi sekat 5 cm kemudian dibandingkan dengan hasil uji model matematik yang menggunakan program bantuan SMS untuk melihat performa model matematik secara keseluruhan pada kondisi ini. Perbandingan model untuk skenario ini dibagi diurutkan mulai dari skenario model dengan sisi tepi 10 cm, skenario model dengan sisi tepi 20 cm dan skenario model dengan sisi tepi 30 cm, yaitu sebagai berikut :

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 10 cm



Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Sekat 5 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P5 (+40) terjadi peningkatan muka air dan setelah itu uka air cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P2 (+10)

mengalami peningkatan dan setelah itu mengalami penurunan dan pada bagian hilir mengalami peningkatan akibat pengaruh kondisi batas. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,978 yang berarti lebih besar dari 0,05, sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini tidak memiliki korelasi.

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 20 cm



Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Sekat 5 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P5 (+40) terjadi peningkatan muka air dan setelah itu uka air cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P3 (+20) mengalami penigkatan dan setelah itu mengalami penurunan dan pada bagian hilir mengalami peningkatan akibat pengaruh kondisi batas. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,234 yang berarti lebih besar dari 0,05, sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini tidak memiliki korelasi.

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 30 cm



Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Sekat 5 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P5 (+40) terjadi peningkatan muka air dan setelah itu uka air cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P11 (+110) mengalami penigkatan dan setelah itu mengalami penurunan dan pada bagian hilir mengalami peningkatan akibat pengaruh kondisi batas. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,016 yang berarti lebih kecil dari 0,05, sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini memiliki korelasi.

Hasil uji permodelan matematik secara keseluruhan untuk model dengan kondisi variasi sekat 5 cm yang diterapkan pada skenario majemuk menunjukkan tidak adanya korelasi antara hasil model fisik dengan hasil model matematik, sehingga model matematik pada kondisi ini perlu dilakukan perbaikan sehinggannya mendapatkan hasil yang memiliki korelasi yang baik agar dapat digunakan untuk pengembangan model atau penerapan model dalam perencanaan model kolam olak.

3. Variasi Sekat 10 cm

Hasil uji model fisik skenario model kolam olak dengan variasi sekat 10 cm kemudian dibandingkan dengan hasil uji model matematik yang menggunakan program bantuan SMS untuk melihat performa model matematik secara keseluruhan pada kondisi ini. Perbandingan model untuk skenario ini dibagi diurutkan mulai dari skenario model dengan sisi tepi 10 cm, skenario model dengan sisi tepi 20 cm dan skenario model dengan sisi tepi 30 cm, yaitu sebagai berikut :

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 10 cm



Gambar 4.40 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Skenario Model Dengan Sisi Tepi 10 cm (Sekat 10 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 (+240,5) cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P18 (+240,5) rata-rata mengalami peningkatan. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,001 yang berarti lebih kecil dari 0,05 , sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini memiliki korelasi.

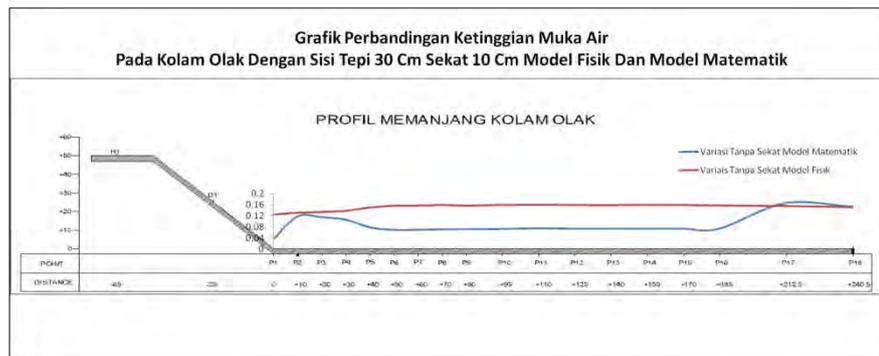
➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 20 cm



Gambar 4.41 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Skenario Model Dengan Sisi Tepi 20 cm (Sekat 10 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 (+240,5) cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air mulai dari titik P1 sampai P18 (+240,5) rata-rata mengalami penurunan. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,539 yang berarti lebih besar dari 0,05 , sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini tidak memiliki korelasi.

➤ Skenario Model Dengan Sisi Tepi 30 cm



Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Ketinggian Muka Air Pada Skenario Model Dengan Sisi Tepi 30 cm (Sekat 10 cm).

Grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan yang fluktuatif antara hasil uji model fisik dan hasil uji model matematik. Pada hasil model fisik terlihat bahwa profil muka air mulai dari titik P1 sampai titik P18 (+240,5) cenderung datar atau stabil, sedangkan pada hasil model matematik profil muka air berada dibawah hasil model fisik. Mulai dari titik P1 sampai P2 (+10) rata-rata mengalami ppeningkatan, setelah itu mengalami penurunan dan pada bagian hilir mengalami peningkatan lagi akibat pengaruh kondisi batas. Korelasi antara ke 2 hasil uji yang dilakukan menunjukkan besaran nilai P-Value yaitu 0,597 yang berarti lebih besar dari 0,05 , sehingga ke dapat disimpulkan hasil uji model fisik dan model matematik pada kondisi ini tidak memiliki korelasi.

Hasil uji permodelan matematik secara keseluruhan untuk model dengan kondisi variasi sekat 10 cm yang diterapkan pada skenario majemuk menunjukkan tidak adanya korelasi antara hasil model fisik dengan hasil model matematik, sehingga model matematik pada kondisi ini perlu dilakukan perbaikan sehinggann mendapatkan hasil yang memiliki korelasi yang baik agar dapat digunakan untuk pengembangan model atau penerapan model dalam perencanaan model kolam olak.

Pengujian model matematik dalam penelitian yang dilakukan secara keseluruhan belum mendapatkan hasil yang mampu menginterpretasikan hasil pada kondisi fisik, hal ini disebabkan oleh beberapa kendala yaitu sebagai berikut:

- Proses *running* model membutuhkan waktu yang cukup lama dalam melakukan perhitungan untuk mendapatkan hasil model yang baik, yang disesuaikan dengan jumlah perhitungan yang diinginkan dan jumlah batasan iterasi. Semakin banyak jumlah perhitungan dan batasan iterasi yang diinginkan maka akan semakin lama proses running model berlangsung. Namun hasil yang didapat terkadang menjadi tidak valid sehingga komputer tidak dapat membaca hasil tersebut.

- Untuk dapat melakukan proses running model dibutuhkan *Hot Star File* yang berisikan waktu pengamatan yang diinginkan, besaran debit dan ketinggian muka air konstan pada bagian hulu untuk awal titik waktu pengamatan dan sebelum waktu pengamatan. Karena pada bagian hulu mesh model yang dibuat sangat pendek sampai titik awal terjunan, sehingga pada saat proses running model data ketinggian konstan terkadang masih terbaca sama pada bagian kaki terjunan.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan tentang model kolam olak bertipe majemuk kemudian menunjukkan hasil mengenai hubungan model kolam olak atau beda tinggi antara dasar kolam olak sekunder dan dasar kolam olak primer tersebut dengan terhadap hidraulik aliran. Hasil penelitian adalah sebagai berikut yaitu :

1. Pengujian model fisik yang telah dilakukan untuk setiap model kolam olak majemuk pada berbagai kondisi variasi hilir baik untuk kondisi tanpa sekat, kondisi dengan sekat 5 cm, dan kondisi dengan sekat 10 cm menunjukkan hasil bahwa semakin tinggi beda tinggi antar dasar kolam olak sekunder dan dasar kolam olak utama mengakibatkan semakin semakin subkritis aliran yang terjadi atau yang berarti performa model peredaman semakin baik. Hal ini ditunjukkan dengan besaran perbandingan antara kedalaman normal (H) dengan kedalaman kritis (H_c) pada titik tinjau sebelum loncatan energi terjadi dan setelah loncatan energi terjadi.
2. Pada titik tinjau sebelum loncatan energi terjadi hipotesa bahwa model kolam olak dengan tipe majemuk dapat meredam energi air lebih baik dari kolam olak berpenampang datar hanya berlaku pada dengan variasi sekat setinggi 5 cm. Sedangkan pada titik tinjau setelah loncatan energi terjadi hipotesa tersebut berlaku untuk kondisi hilir dengan variasi sekat setinggi 5 cm dan variasi sekat setinggi 10 cm.
3. Hasil uji permodelan matematik untuk model kolam majemuk menunjukkan hasil yang bervariasi untuk setiap kondisi percobaanya. Hal ini dapat dilihat dari tinggi loncatana energi yang terjadi pada kondisi hilir model dengan sekat 5 cm dan sekat 10 cm, model mampu memberikan gambaran bahwa semakin tinggi sisi tepi model kolam olak berpenampang majemuk maka semakin tinggi juga loncatan air yang

terjadi walau kondisi loncatan tidak berada pada titik yang sama. Sedangkan pada kondisi hilir tanpa sekat model kolam olak tidak memberikan gambaran yang baik tentang pengaruh pembuatan model dengan ketinggian air yang terjadi.

4. Perbandingan hasil uji model fisik dan model matematik menunjukkan bahwa model yang memiliki korelasi antara ke 2 model ini hanya model skenario dengan kondisi hilir tanpa sekat. Sedangkan model skenario dengan kondisi hilir menggunakan sekat 5 cm dan sekat 10 cm tidak memiliki korelasi sehingga perlu adanya perbaikan dan kajian yang lebih detail tentang model ini.

Hasil keseluruhan analisa pada kolam olak berpenampang majemuk menunjukkan bahwa semakin tinggi sisi tepi kolam olak atau semakin tinggi beda tinggi dasar kolam olak sekunder dan utama pada model ini maka akan semakin baik dalam meredam energi air yang datang.

5.2 Saran

Dalam penyusunan dan pelaksanaan penelitian pada model kolam olak berpenampang majemuk penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis memiliki beberapa saran, yaitu :

1. Untuk uji model fisik perlu dilakukan simulasi dengan beberapa kondisi debit air.
2. Untuk titik pengamatan agar lebih difokuskan pada loncatan air yang terjadi, baik dari segi panjang loncatan mau pun kedalaman konjugasi.
3. Untuk mendapatkan model matematik yang lebih bisa menginterpretasikan model fisik maka perlu dilakukan kajian lebih mendalam tentang pengaruh setiap input dan lama proses *running* model dengan menggunakan metode Hivel 2d. Serta disarankan menggunakan komputer dengan kapasitas penyimpanan yang lebih besar dan prosesor yang lebih canggih sehingga waktu *running* tidak membutuhkan waktu yang lama..

DAFTAR PUSTAKA

1. Abbas Muhanad Mohammed (2009), "Experimental Investigation On Makhool Dam Stilling Basin", *Diyala Journal Of Engineering Sciences*, Vol. 02 , No. ٠٥ , Pp. 53-76 .
2. Anggrahini. (1996), *Hidrolika Saluran Terbuka*, CV Citra Media, Surabaya.
3. Bhowmik, N.G. (1975), "Stilling basin design for low Froude number". *J.Hydr. Engg.,ASCE*, 101(7): 901-915.
4. Bradely, J. N. and Peterka, A. J. (1957), "Hydraulic Design of Stilling Basins", *Journal of Hydraulic Division*, ASCE, 1401-1406.
5. Chow, V.T, (1959), *Open Channel Hydraulic*, McGraw-Hill book company, Inc.,New York.
6. Departemen Pekerjaan Umum. RI. (1986), "Kriteria Perencanaan Bangunan Utama" dalam *Standar Perencanaan Irigasi*, CV Galang, Bandung.
7. Muharis Chairul, Aguskamar (2006), "Optimasi Beda Tinggi Peredam Energi Ganda Pada Model Skala Bendung", *Jurnal Rekayasa Sipil Vol 1.ISSN : 1858-3695*.
8. Novak P, Čábelka J (1981), *Models in Hydraulic Engineering*, Pitman Publishing Limited, London.
9. Pillai N. Narayana, Goel Arun, and Dubey Ashoke Kumar (2009), "Hydraulic Jump Type Stilling Basin For Low Froude Numbers", *J. Hydraul. Eng.*115:989-994.
10. Prastumi (2009), "Pengaruh Variasi Tipe Peredam Energi Terhadap Karakteristik Hidrolika Saluran Pelimpah Bendungan Studi Kasus Uji Model Pelimpah Bendungan Jehem-Bali", *Jurnal Rekayasa Sipil Vol 3, No.2-2009, ISSN 1978-5658*.
11. Takeda , Kensaku dan Sasrodarsono, Suyono. (1981), *Bendungan Type Urugan*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.

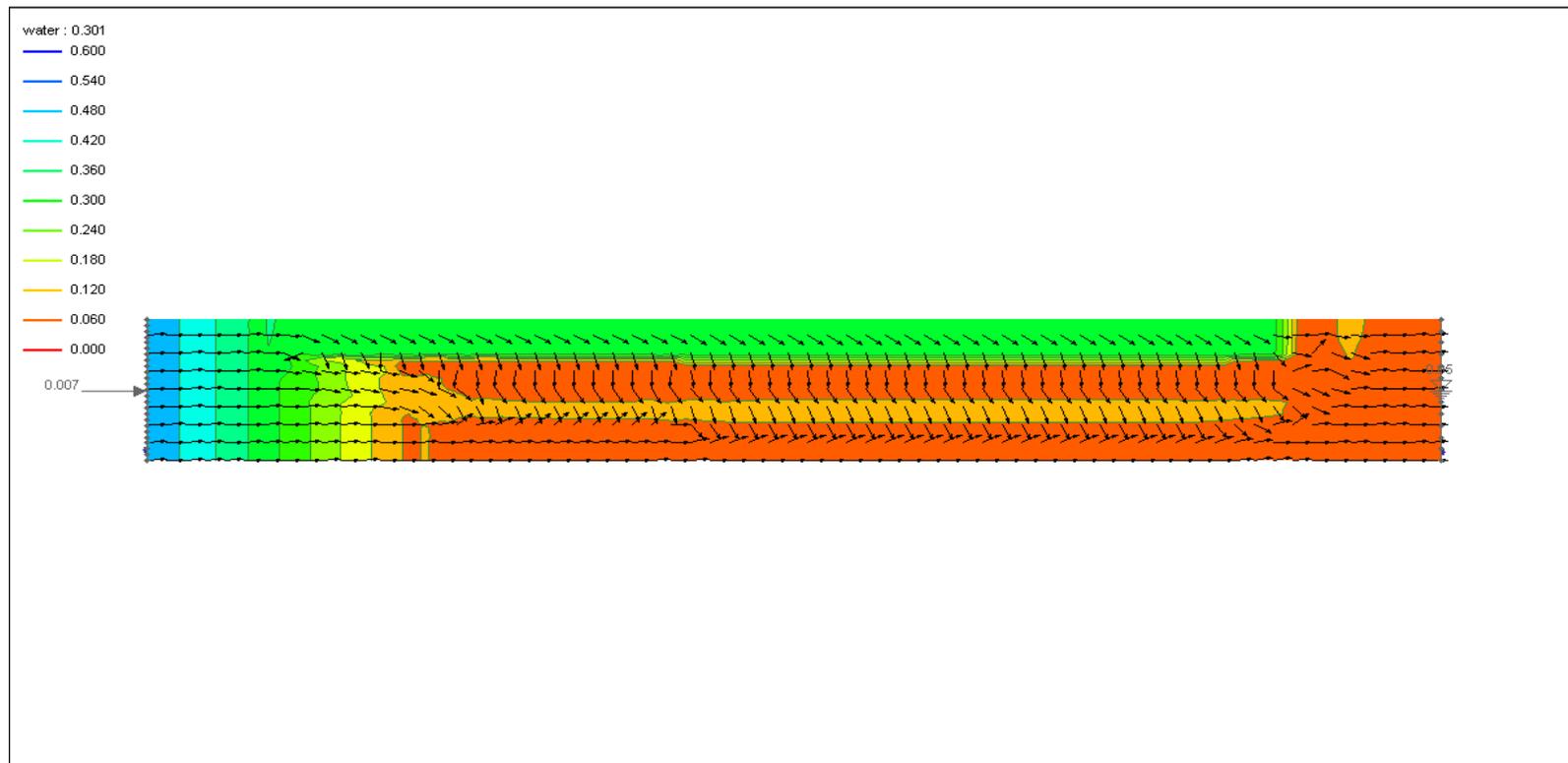
12. Trimoiijin (2000), “*Studi Pengendalian Loncatan Hidrolik Dengan Variasi Sudut Endsill Pada Bangunan Peredam Energi*”, Tesis S2, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
13. Verma, D. V. S. and Goel, A. (1998), “Modified Design of U.S.B.R. Stilling Basin for Outletworks”, *Ninth Congress of Asia Pacific Division, I.A.H.R., Gadjah Mada University, Yogyakarta*.
14. Verma, D. V. S. and Goel, A. (2000), “Stilling Basins for Pipe Outlets using Wedge Shaped Splitter Block”, *International Journal of Irrigation and Drainage Eng. Division, ASCE, Vol. 126, No.3, 179-184*.
15. Vipun, R., (1992), *Stilling Basins with Side Expansion for Outlet Works*, MTech Thesis, Kurukshetra University, Kurukshetra.
16. Vittal N, Al-Garni M.A., (1992),”Modified Type III stilling basin-new method of design’”, *Journal of Hydraulic Research, Vo. III, No. 4*.

Lampiran 1A

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

1. Hasil Running Menggunakan Program SMS Untuk Skenario 2

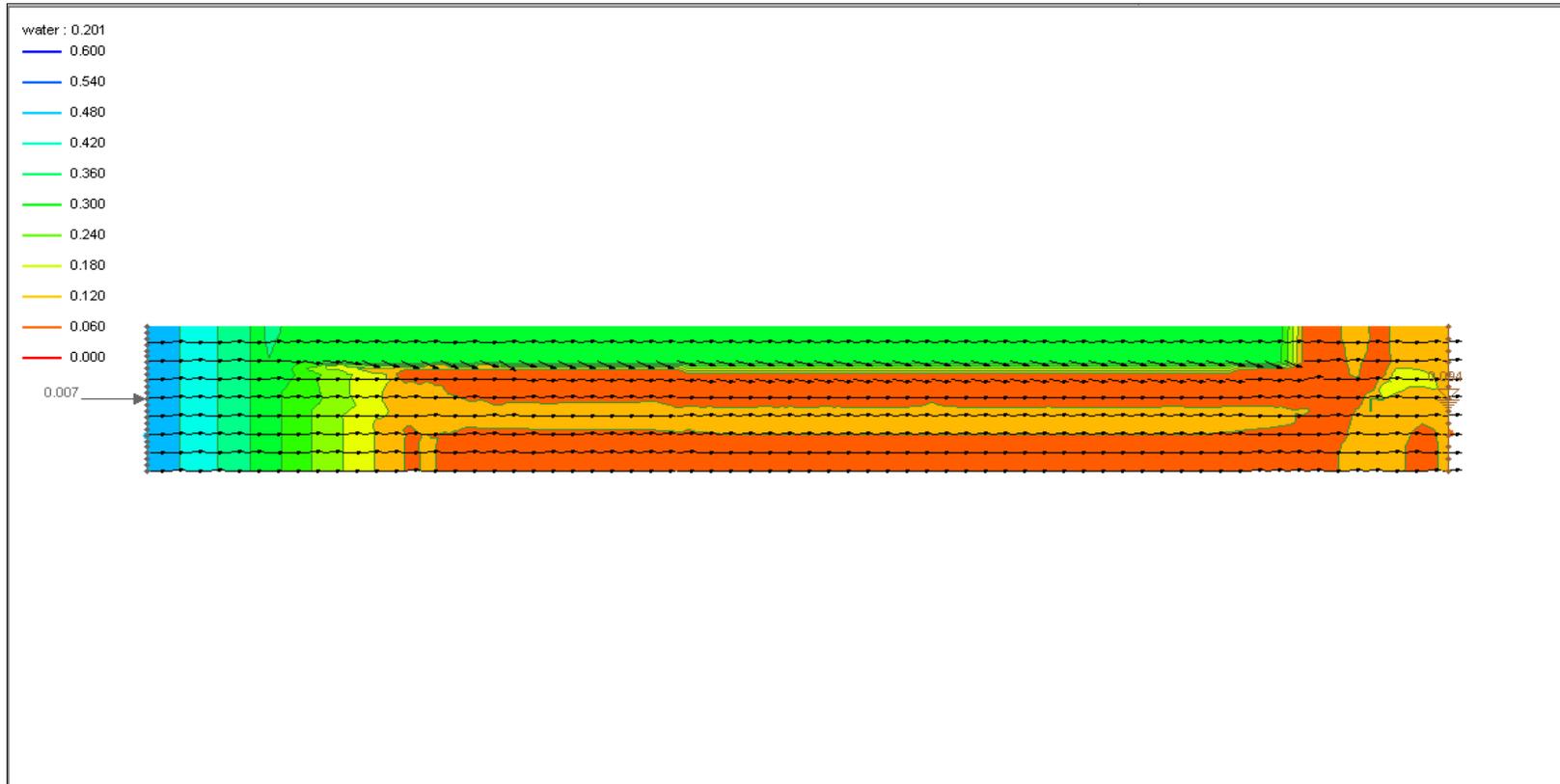
- Pada Variasi Kondisi Hilir Tanpa Sekat.



Lampiran 1B

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

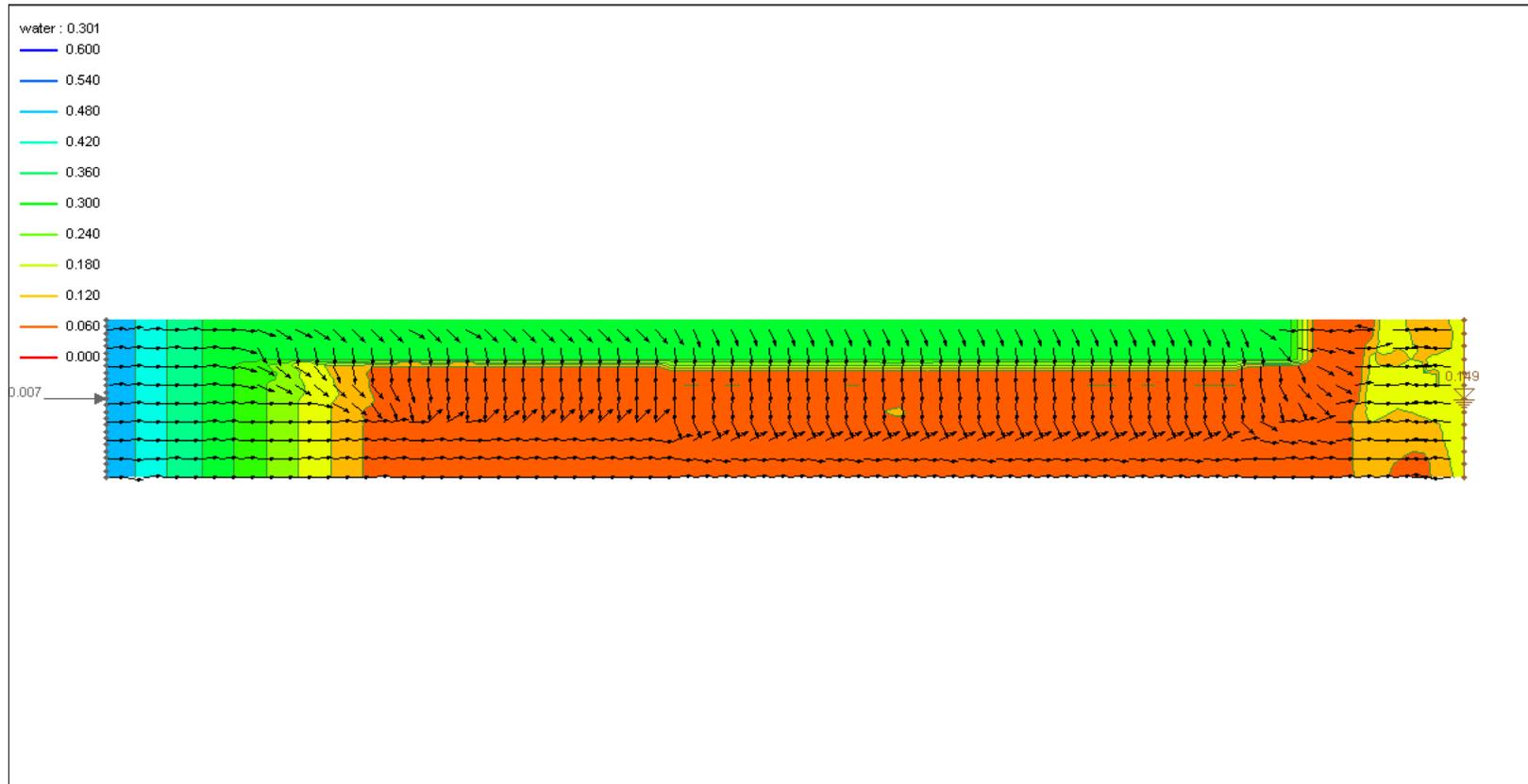
- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 5 cm.



Lampiran 1B

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 10 cm.

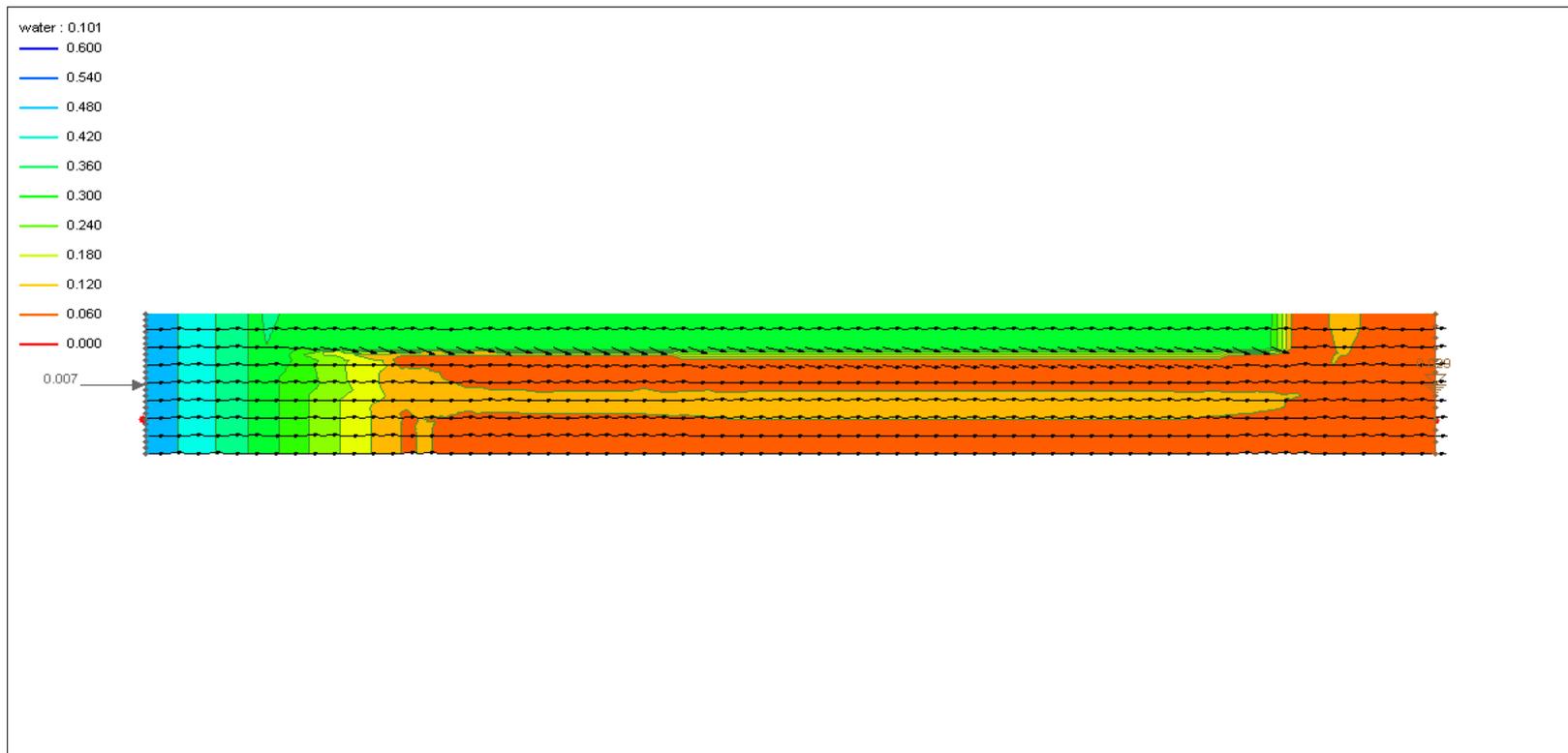


Lampiran 2A

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

2. Hasil Running Menggunakan Program SMS Untuk Skenario 3

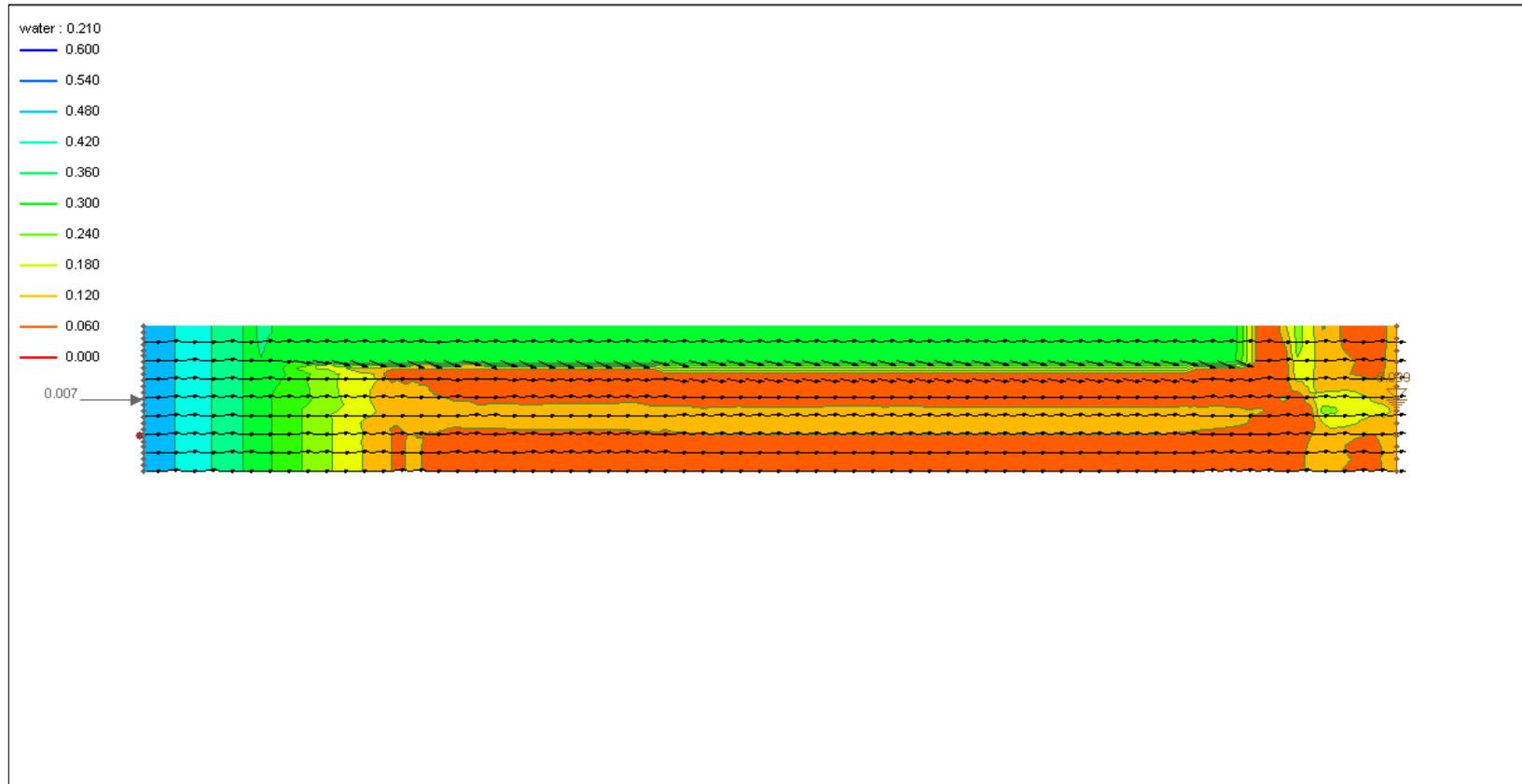
- Pada Variasi Kondisi Hilir Tanpa Sekat.



Lampiran 2B

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

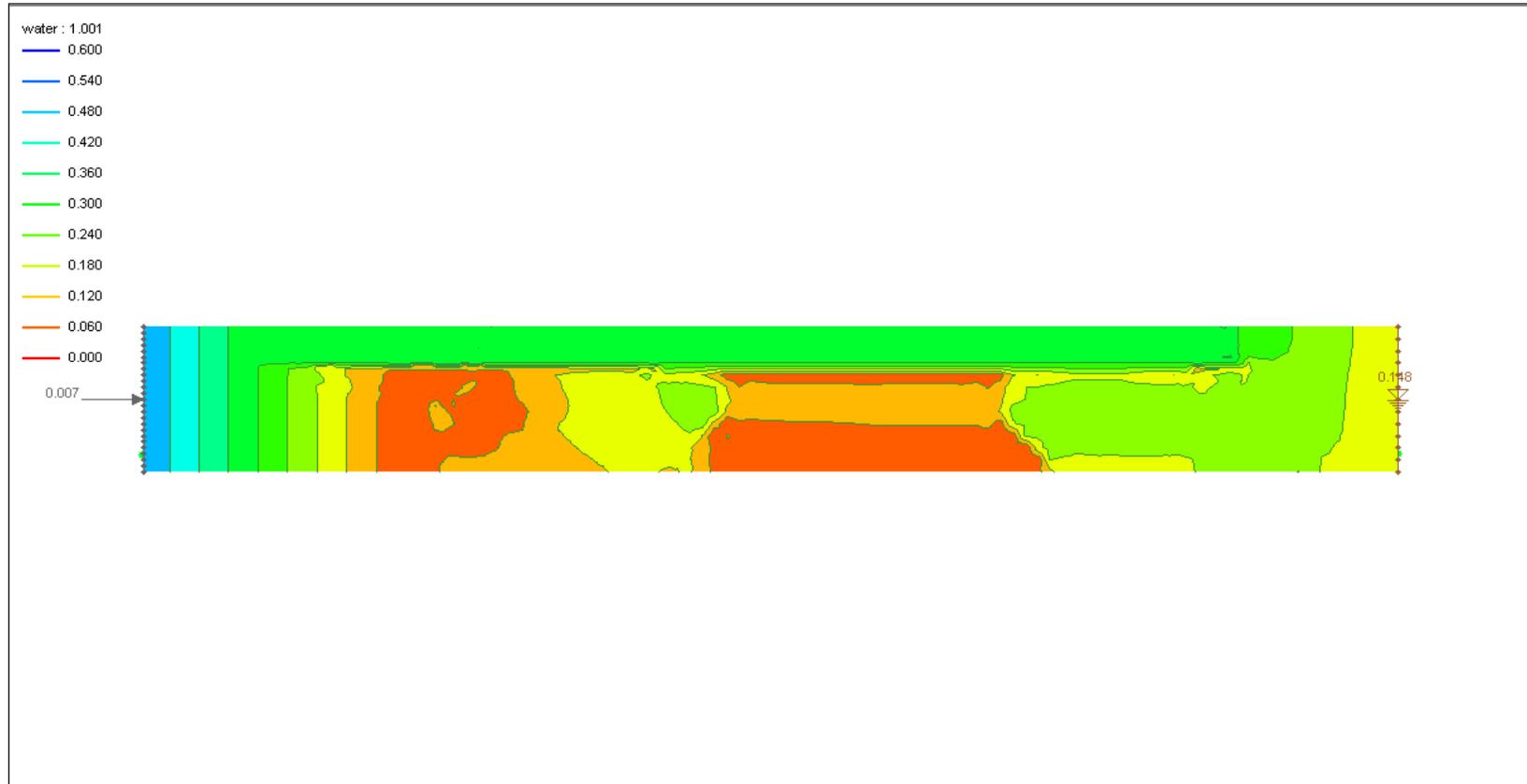
- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 5 cm.



Lampiran 2C

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 10 cm.

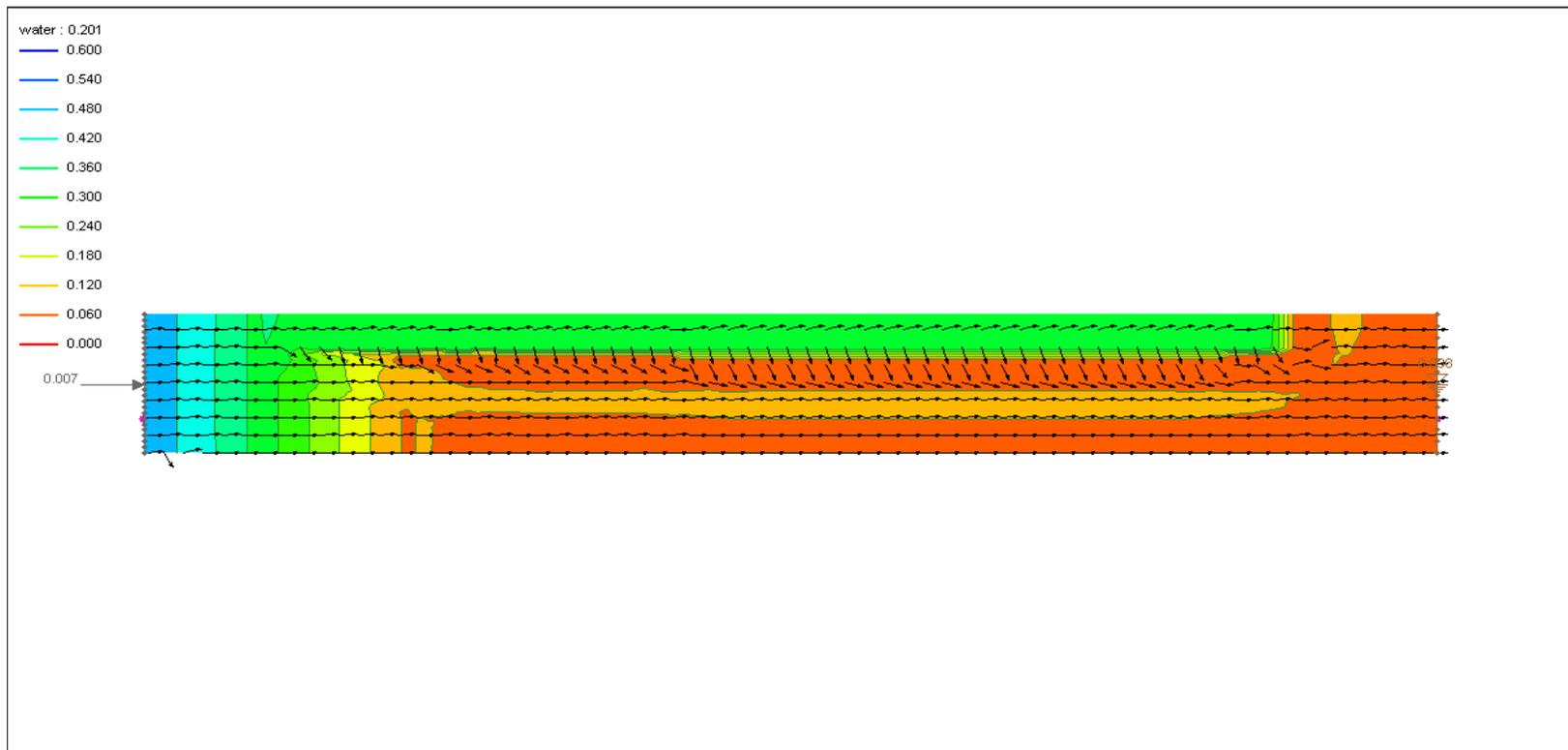


Lampiran 3A

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

3. Hasil Running Menggunakan Program SMS Untuk Skenario 4

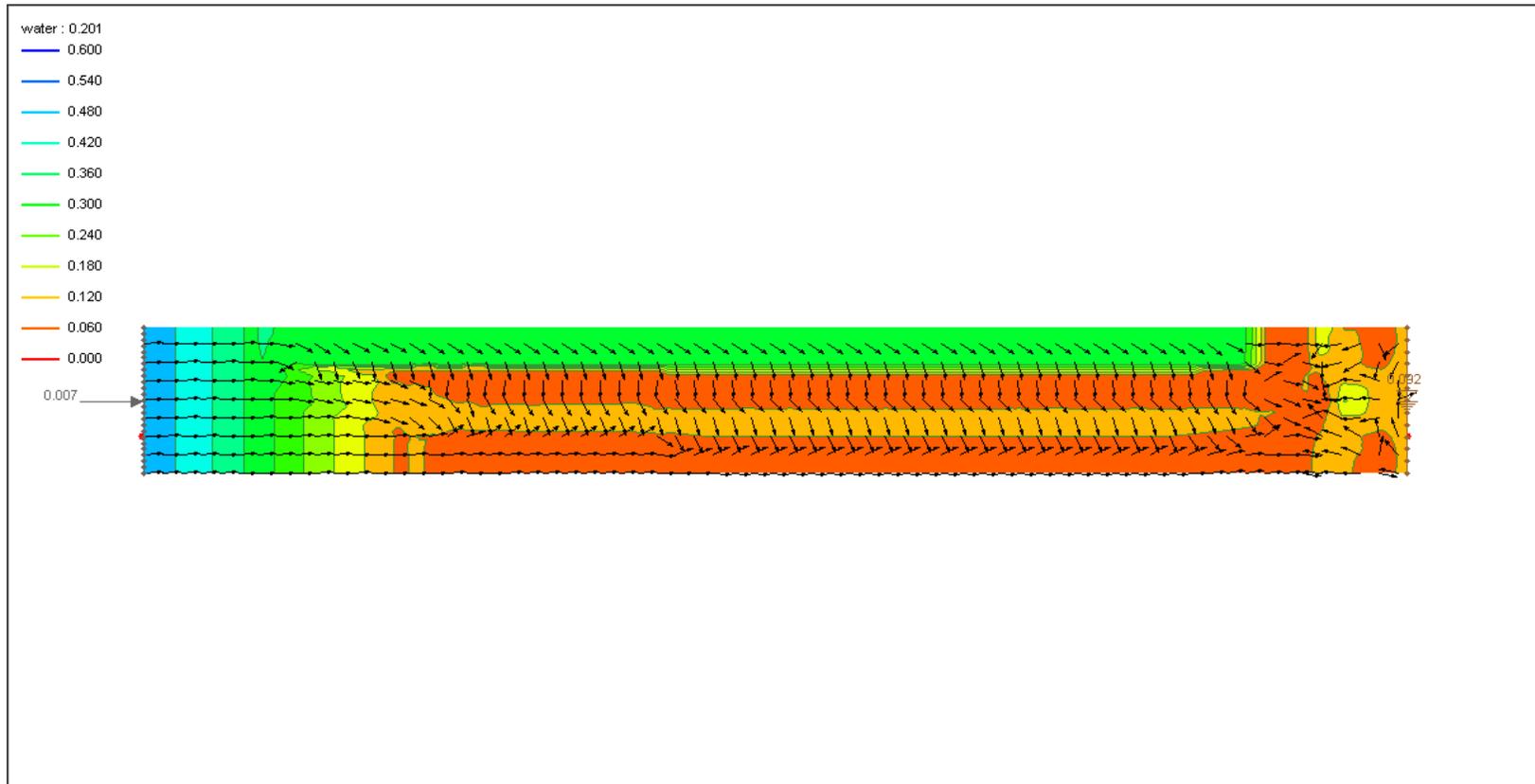
- Pada Variasi Kondisi Hilir Tanpa Sekat.



Lampiran 3B

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

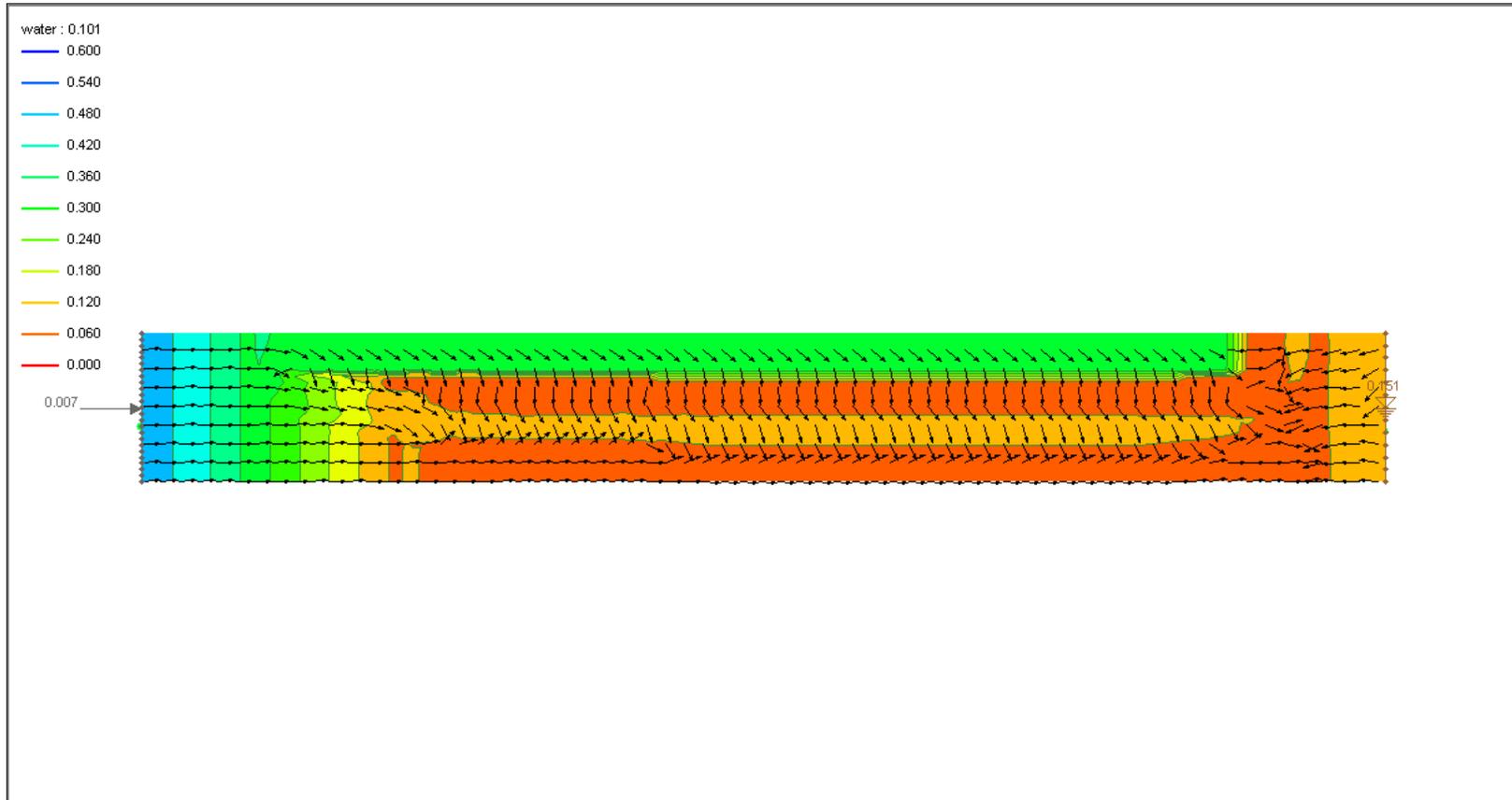
- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 5 cm.



Lampiran 3C

Gambar Hasil Running Model Matematik Menggunakan Program SMS

- Pada Variasi Kondisi Hilir Sekat 10 cm.



"Halaman Ini Sengaja Dikosongkan"



BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di kota Ende pada tanggal 02 Agustus 1990, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Dengan nama Agustinus Haryanto Pattiraja. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Bina Wirawan Maumere, SD Inpres Wair Klau Maumere, SLTPK Frater Maumere, dan SMA Negri 1 Maumere. Setelah lulus dari SMA penulis diterima di Jurusan Teknik Pengairan S-1 FTSP ITN Malang dan lulus pada tahun 2012. Kemudian penulis melanjutkan studi Pascasarjana Bidang Manajemen Sumber Daya Air di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS dan terdaftar dengan NRP 311.320.5004 pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2015.

Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil Tesis pada Bidang Studi Hidraulik khususnya tentang studi kolam olak dengan judul "Analisa Hidraulik Aliran Pada Uji Model Fisik Kolam Olak Berpenampang Majemuk". Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kepanitiaan, seminar, dan pelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil maupun Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan Penulis, dapat menghubungi melalui email : gustiwre@gmail.com