

TUGAS AKHIR

**STUDI PANJANG LONCAT AIR DENGAN
BANGKITAN LONCATAN MENGGUNAKAN MODEL
BENDUNG**
*(STUDY OF HYDRAULIC JUMP LENGTH WITH JUMP
GENERATION USING WEIR MODEL)*

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



**Adrian Virgiawan
10511157**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

TUGAS AKHIR

**STUDI PANJANG LONCAT AIR DENGAN BANGKITAN
LONCATAN MENGGUNAKAN MODEL BENDUNG
(STUDY OF HYDRAULIC JUMP LENGTH WITH JUMP
GENERATION USING WEIR MODEL)**

Disusun Oleh

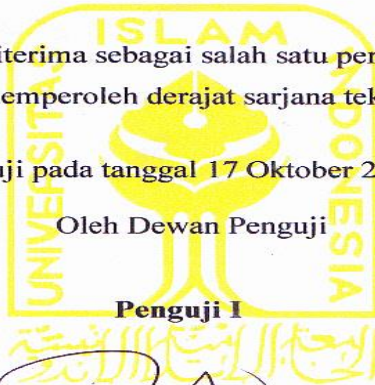
Adrian Virgiawan

10511157

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat sarjana teknik sipil

Diuji pada tanggal 17 Oktober 2017

Oleh Dewan Penguji



Pembimbing 1

Lala Makrup Dr., Ir., M.T
NIK:885110106

Penguji I

Ruzardi, Dr., Ir., H., MS.
NIK:855110102

Penguji II

D.A. Wahyu Wulan Pratiwi, ST., MT.
NIK:155111301

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, ST., MT., Ph.D
NIK:955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 23 Oktober.....2017
Yang membuat pernyataan,



Adrian Virgiawan
(10511157)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul *Studi Panjang Loncat Air dengan Bangkitan Loncatan Menggunakan Model Bendung*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Penulis sadari bahwa keberhasilan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan arahan berbagai pihak yang dengan sabar dan *telaten* membimbing penulis hingga selesainya penyusunan skripsi ini. Karenanya penulis ingin menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Bapak Dr.-Ing. Widodo, Msc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Lalu Makrup, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan pada penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Dinia Anggraheni, ST., M.Eng. selaku dosen Hidrolika yang membantu dalam memberikan bimbingan dan pengarahan pada penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ayahanda dan Ibunda serta keluarga tercinta yang tak henti-hentinya memberikan dukungan pada penulis.
6. Segenap teman-teman angkatan 2010 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, atas bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir.
7. Seluruh pihak yang telah membantu hingga selesainya skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dengan kerendahan hati penulis menerima segala kritik dan saran

yang membangun dari pembaca. Ataupun penelitian lebih lanjut mengenai skripsi ini. Mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya, Terimakasih.

Yogyakarta,.....2017
Penulis

Adrian Virgiawan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persamaan Dan Perbedaan Penelitian	7
Tabel 5.1	Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Pertama	31
Tabel 5.2	Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Kedua	32
Tabel 5.3	Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Ketiga	32
Tabel 5.4	Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Pertama	34
Tabel 5.5	Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air	35
Tabel 5.6	Hasil Perhitungan Angka Froud	36
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air	39
Tabel 5.8	Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Kedua	40
Tabel 5.9	Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air	41
Tabel 5.10	Hasil Perhitungan Angka Froud	43
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air	45
Tabel 5.12	Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Ketiga	46
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air	48
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan Angka Froud	49
Tabel 5.15	Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air	51
Tabel 5.16	Data dan Hasil Perhitungan Variabel x	52
Tabel 5.17	Hasil Perhitungan x^2 , y^2 , xy dan Totalnya	53
Tabel 5.18	Perhitungan Persamaan Regresi Untuk Mencari Lj Regresi	55
Tabel 5.19	Hasil Kecepatan Aliran (v)	57

Tabel 5.20	Angka Froude dan Jenis Loncatan Pada Debit Loncat Air	58
Tabel 5.21	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Laboratorium	60
Tabel 5.22	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Woyeski	61
Tabel 5.23	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Smetana	63
Tabel 5.24	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Silvester	65
Tabel 5.25	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan USBR Min	66
Tabel 5.26	Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan USBR Max	68
Tabel 5.27	Rekapitulasi Hasil Perbandingan Panjang Loncat Air	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Grafik Hubungan Korelasi	16
Gambar 3.2	Grafik Analisis Regresi Linear	17
Gambar 3.3	Loncat Air	19
Gambar 3.4	Tipe Loncatan Hidraulik	20
Gambar 3.5	Notasi Panjang Loncat Air	22
Gambar 4.1	Model bendung dengan panjang mercu 17,5 cm, tinggi 11 cm dan kemiringan hilir 32 ⁰	25
Gambar 4.2	Flume di Laboratorium Hidrolika UII	26
Gambar 4.3	Bak Penampung Air	26
Gambar 4.4	Model Bendung	27
Gambar 4.5	Alat Ukur Kedalaman Aliran	28
Gambar 4.6	Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 5.1	Notasi Pada Aliran	31
Gambar 5.2	Grafik Regresi Panjang Loncat Air dan h_1/h_2	56
Gambar 5.3	Gambar Posisi Aliran Dan Angka <i>Froude</i>	59
Gambar 5.4	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Laboratorium	61
Gambar 5.5	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Woyeski)	63
Gambar 5.6	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Smetana)	64
Gambar 5.7	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Silvester)	66
Gambar 5.8	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (USBR Min)	68
Gambar 5.9	Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi	

dengan Teori (USBR Max)

70

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

ΔE	= Kehilangan Energi (m)
A_n	= Nilai Konstanta yang Nilainya Berkisaran (5-6,9)
C	= Nilai Konstanta (C=6)
\bar{c}_j	= Koefisien panjang loncat air rata-rata
E	= Energi spesifik (m)
Fr	= Nilai Angka Froude
g	= Percepatan Gravitasi ($\cong 9,8$ m/detik ²)
h_1	= Kedalaman Air di Awal Loncat Air (m)
h_2	= Kedalaman Air di Atas Ambang Ujung Hilir (m)
L_j	= Panjang Loncat Air (m)
Q	= Debit (m ³ /detik)
R	= Angka Korelasi
R^2	= Koefisien Determinasi
Re	= Nilai Angka Reynold
s	= Waktu yang dibutuhkan untuk tiap interval volume tertampung (detik)
v	= Kecepatan Rata-Rata (m/detik)
v_l	= Kecepatan Awal Loncatan (m/detik)

DAFTAR ISI

Judul	i
Pengesahan	ii
Pernyataan Bebas Plagiasi	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Lokasi Penelitian	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Yang Terdahulu	4
2.2.1 R.A Dita Nurjanah (2014) "Analisis Tinggi Dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran"	4
2.2.2 Muhamad Yusuf (2013) "Pengaruh Pelimpah Bertangga Tipe Akar Terpotong Terhadap Panjang	

Loncat Air Dan Kehilangan Energi Pada Kolam Olak	5
2.2.3 Ign. Sutyas Aji (2008) " Loncatan Air Pada Saluran Miring Terbuka Dengan Variasi Panjang Kolam Olakan	5
2.3 Keaslian Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Bendung	10
3.2 Aliran Saluran Terbuka	11
3.3 Kondisi Aliran	12
3.4 Klasifikasi Aliran	12
3.5 Angka Froude	14
3.6 Analisis Regresi Linear Sederhana	14
3.6.1 Koefisien Korelasi	15
3.6.2 Koefisien Determinasi	17
3.6.3 Membuat Garis Regresi	17
3.7 Loncat Air	18
3.7.1 Tipe Loncatan Hidraulik	19
3.7.2 Kecepatan Awal Loncatan	20
3.7.3 Kedalaman Loncat Air	21
3.7.5 Panjang Loncat Air	21
BAB IV METODE PENELITIAN	24
4.1 Umum	24
4.2 Cara Pengambilan Sampel	24
4.3 Bahan Dan Alat Penelitian	25
4.3.1 Flume	25
4.3.2 Bak Penampung	26
4.3.3 Model Pembendungan	27
4.3.4 Alat Ukur Kedalaman Aliran	27

4.3.5	Alat Ukur Stopwatch	28
4.3.6	Mistar	28
4.4	Metode Pengukuran	28
4.4.1	Pengukuran Debit Aliran	28
4.4.2	Pengukuran Komponen Larian Loncat Air	29
4.4.3	Pencatatan Hasil Pengukuran	29
4.5	Analisis Data Hasil Penelitian	29
4.6	Bagan Alir Penelitian	29
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		
5.1	Data Penelitian	31
5.2	Analisis Data	33
5.2.1	Analisis Data Pada Debit ke Pertama	33
5.2.2	Analisis Data Pada Debit ke Dua	39
5.2.3	Analisis Data Pada Debit ke Tiga	45
5.2.4	Perhitungan Panjang Loncat Air dengan Analisis Regresi Linear	52
5.3	Pembahasan	56
5.3.1	Panjang Loncat Air Regresi Linear	56
5.3.2	Debit dan Karakteristik Aliran	56
5.3.3	Perbandingan Panjang Loncat Air	59
5.3.4	Rekapitulai Hasil Perbandingan Panjang Loncat Air	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		
6.1	Kesimpulan	72
6.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74

ABSTRAK

Dalam perencanaan pemodelan bendung, salah satunya loncat air memerlukan percobaan laboratorium untuk mengetahui panjang dan tinggi loncat air untuk perencanaan desain model bendung bagian hilir (kolam olak). Panjang loncatan air secara teoritis sukar ditentukan, tetapi telah diselidiki beberapa kali percobaan oleh beberapa ahli hidrolika. Dalam perhitungan panjang loncat air ada beberapa persamaan yang dikemukakan oleh para ahli, antara lain teori Woyeski, Smetana, Silvester, USBR, dan lain-lain. Pada umumnya rumus empiris yang dikemukakan beberapa ahli mencakup nilai koefisien panjang loncat air (C_j) yang berbeda – beda antara satu rumus dengan rumus yang lain. Berdasarkan asumsi tersebut, maka penulis mencoba melakukan penelitian mencari rumus persamaan panjang loncat air guna melihat kesesuaian teori tersebut.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil FTSP UII Yogyakarta dengan menggunakan *flume* yang berdimensi panjang 4 m, lebar 10 cm, tinggi 40 cm. Saluran merupakan saluran yang kedap air dari bahan dinding *flexiglass* dan dasar saluran terbuat dari kaca. Penelitian ini menggunakan beberapa variasi untuk memperoleh keberagaman data, variasi yang digunakan dalam penelitian adalah menggunakan empat variasi bangkitan aliran air pada saluran *flume*, tiga variasi debit aliran pada saluran *flume*, dan bendung yang berukuran panjang 17,5, tinggi 11 cm, lebar 10 cm. Data yang dikumpulkan meliputi panjang loncat air, tinggi awal loncat air (h_1), dan tinggi akhir loncat air (h_2). Penelitian ini bertujuan untuk mencari panjang loncat air yang digunakan untuk membuat persamaan rumus baru dalam menghitung panjang loncat air secara teoritis, yaitu dengan menggunakan Persamaan Analisis Regresi Linear.

Hasil analisis menunjukkan persamaan panjang loncat air yang mendekati Studi (Analisis Regresi Linear) adalah panjang loncat air laboratorium, dan panjang loncat air menurut teori Smetana dan USBR Maximum, sedangkan untuk panjang loncat air menurut teori Woyeski, Silvester, dan USBR minimum hasil yang didapatkan tidak mendekati dengan panjang loncat air Studi (Analisis Regresi Linear).

Kata kunci : Loncat air, Model bendung, Regresi linear

ABSTRACT

In the modeling of weir design, one of hydraulic jump requires a laboratory experiment to find out the length and height of the hydraulic jump for the design of downstream weir (stilling basin). The length of hydraulic jump is theoretically difficult to determine, but has been investigated several times by some hydraulic expert. In calculating the length of hydraulic jump there are some equations put forward by experts, among others theory of Woyeski, Smetana, Silvester, USBR, and others. In general, empirical formulas found by some experts include the value of the hydraulic jump coefficient (C_j) which differs from one formula to another. Based on these assumptions, the authors try to do research to find the equation formula of hydraulic jump length to see the suitability of the theory.

The Study conducted in hydraulics laboratory of Civil Engineering FTSP UII Yogyakarta by using of flume with dimensions of length 4 m, 10 cm width, 40 cm height. Channel are waterproof channel that made by wall material flexiglass and base of the channel is made of glass. Intent to look for length and height of hydraulic jump that is utilized to make new formula equation to count hydraulic jump length theoretically, which is by use of Analytical Linear Regression Equation. This study uses several variation to obtain diversity of data, variations in the study used four variations of stream flow generation in the flume channel, three variants of flow debit on the flume channel, and weirs measuring 17,5 cm length, 10 cm width, 11 cm height. The data collected includes length of hydraulic jump, high early of hydraulic jump (h_1), and high end of hydraulic jump (h_2). This study aims to find the length of hydraulic jump used to create a new equation formula in calculating the length of hydraulic jump theoretically, namely by using Linear Regression Analysis Equation.

The results of the analysis show the equation of hydraulic jump near the Study (Linear Regression Analysis) is the length of hydraulic jump's laboratory, and the length of hydraulic jumps theory according to Smetana dan USBR Maximum, while the length of hydraulic jumps theory according to Woyeski, Silvester, and USBR Minimum the results obtained did not come close to the length of the hydraulic jump Study (Linear Regression Analysis).

Keywords : *Hydraulic Jump, Weir Model, Linear Regression*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di dalam bidang ilmu Hidrolika dikenal dua macam aliran, yaitu aliran saluran tertutup dan aliran saluran terbuka. Aliran saluran umumnya terjadi pada saluran pipa yang memiliki tampang aliran penuh dan tidak terdapat permukaan air bebas sehingga tekanan yang terjadi adalah tekanan hidrolis. Tekanan ini bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer. Pada aliran saluran terbuka, air mengalir dengan muka air bebas sehingga di sepanjang saluran tekanan di permukaan air adalah sama, yaitu tekanan atmosfer. Aliran yang tidak penuh di dalam pipa juga dikategorikan sebagai aliran saluran terbuka.

Analisis aliran melalui saluran terbuka lebih sulit dibandingkan aliran melalui pipa, hal ini disebabkan karena pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), parameter aliran baik terhadap ruang dan waktu disepanjang saluran adalah tidak teratur. Parameter-parameter aliran tersebut diantaranya adalah nilai kekasaran saluran, geometri dan dimensi tampang lintang, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. Ketidakteraturan tersebut menyebabkan analisis aliran saluran terbuka sangat sulit untuk diselesaikan secara analitis. Untuk saluran buatan, seperti saluran irigasi dan drainase, parameter aliran disepanjang saluran umumnya relatif seragam sehingga analisis aliran menjadi lebih mudah dilakukan.

Ada berbagai macam aliran air, air dapat mengalir secara beraturan dan juga dapat mengalir secara tidak beraturan. Suatu aliran dalam saluran dapat mengalami percepatan dari aliran subkritis ke superkritis melalui semacam kejutan-normal yang disebut loncat hidrolis air.

Pada proses loncatan air yang tidak terkendali sering menyebabkan terjadinya penggerusan atau pengikisan di bagian hilir bendung yang disebabkan adanya energi aliran yang tinggi, maka untuk mengantisipasi penggerusan tersebut diperlukan suatu

peredam energi (kolam olak) yang dapat berfungsi untuk mereduksi energi. Proses loncat air ini sering digunakan untuk mendisain perencanaan kolam olak, selain itu loncatan air juga dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air di bagian hilir dan untuk menyediakan tinggi tekanan pengaliran ke dalam suatu saluran.

Panjang loncat air dapat ditentukan dengan percobaan laboratorium. Pada umumnya rumus empiris yang dikemukakan beberapa ahli mencakup nilai koefisien panjang loncat air (C_j) yang berbeda – beda antara satu rumus dengan rumus yang lain. Berdasarkan asumsi tersebut, maka penulis mencoba melakukan penelitian mencari rumus persamaan panjang loncat air guna melihat kesesuaian teori tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas maka timbul pertanyaan yang dijadikan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut.

1. Apa persamaan yang digunakan untuk mencari panjang loncat air ?
2. Bagaimana perbandingan antara persamaan panjang loncat yang dicari dengan panjang loncat air laboratorium dan persamaan panjang loncat air teoritis yang sudah dilakukan oleh para ahli ?
3. Apakah persamaan panjang loncat air yang dicari dapat diterima atau tidak ?

1.3. Tujuan Penelitian

Atas dasar permasalahan yang timbul, berikut adalah tujuan dari penelitian ini.

1. Mendapatkan persamaan dan nilai koefisien panjang loncat air.
2. Mengetahui perbandingan persamaan panjang loncat air yang diteliti dengan persamaan panjang loncat air teori sebelumnya..
3. Mengetahui apakah persamaan yang diteliti bisa diterima atau tidak.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa menjadi bahan referensi dalam perhitungan panjang loncat air dan juga dapat digunakan dalam mendisain bangunan peredam energi atau kolam olak.

1.5. Batasan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ada beberapa hal yang menjadi batasan penelitian yang memiliki ruang lingkup cukup luas, namun dengan keterbatasan waktu maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

1. Penelitian ini dilakukan di dalam Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil FTSP UII Yogyakarta.
2. Model bangunan air yang digunakan adalah model bendung yang sudah tersedia di Laboratorium.
3. Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah peralatan yang sudah tersedia di Laboratorium Hidraulika Teknik Sipil UII.
4. Menggunakan tiga jenis variasi debit.
5. Menggunakan empat variasi bangkitan loncat air.

1.6. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium hidraulika Program Studi Teknik Sipil FTSP UII Yogyakarta.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi-informasi yang relevan. Informasi tersebut dapat diambil dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan. Informasi sangat bermanfaat untuk memperdalam pengetahuan tentang bidang yang dipelajari, mengetahui hasil studi yang sudah pernah dilaksanakan dan memperjelas hubungan antara masalah dengan teori yang relevan. Penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, sebagai kerangka acuan untuk menyusun tugas akhir ini dapat dilihat pada sub bab berikut ini.

2.2 Penelitian Yang Terdahulu

Berikut beberapa pemaparan penelitian yang pernah dilakukan yang berhubungan dengan studi loncat air yang sekiranya berkaitan dengan judul penulis.

2.2.1 R.A Dita Nurjanah (2014) "Analisis Tinggi Dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran"

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidrolika Universitas Sriwijaya, Inderalaya. Bertujuan untuk melihat panjang dan tinggi loncatan yang terjadi dengan menggunakan variasi kecepatan dan variasi bangunan ukur berbentuk setengah lingkaran dengan ukuran 10 cm, 15 cm, dan 20 cm.

Pada penelitian tugas akhir ini diperoleh kesimpulan bahwa kecepatan aliran air sangat mempengaruhi proses terjadinya loncatan hidrolis, dimana untuk menghasilkan loncatan hidrolis aliran harus berubah dari sub kritis ke superkritis dan berubah kembali menjadi aliran sub kritis, dan pengaruh debit pada panjang loncatan dan tinggi loncatan pada saat penelitian dapat disimpulkan bahwa besar atau kecil penampang mempengaruhi hasil panjang dan tinggi loncatannya, dimana semakin kecil penampang, maka semakin panjang dan tinggi loncatan hidrolis yang terjadi,

sebaliknya jika penampang semakin besar maka panjang dan tinggi loncatan hidolik semakin mengecil.

2.2.2 Muhamad Yusuf (2013) "Pengaruh Pelimpah Bertangga Tipe Akar Terpotong Terhadap Panjang Loncat Air dan Kehilangan Energi Pada Kolam Olak"

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan flume yang berdimensi panjang 10 m, lebar 30 cm dan tinggi 60 cm. Saluran merupakan saluran yang kedap air dari bahan dinding flexiglass dan dasar saluran kaca, kemiringan dasar saluran sebesar 0.0030, saluran di bagian hulu bendung diasumsikan tidak ada angkutan sedimen. Model bendung dengan mercu ogee tanpa menggunakan kolam olak. Penelitian ini berusaha meneliti efek dari kemiringan bendung, baik dengan pelimpah polos maupun pelimpah bertangga terhadap panjang loncat air, dan redaman energi.

Pada penelitian tugas akhir ini diperoleh kesimpulan bahwa untuk meredam panjang loncat air pada penelitian ternyata bendung dengan sudut kemiringan tubuh bendung 60° bertangga merupakan susunan serta bentuk paling efisien meredam panjang loncat air (L_j) dan mendapatkan panjang loncat air yang paling pendek. Pengaruh variasi kemiringan tubuh bendung terhadap panjang loncat air di hilir bendung pada pelimpah polos dan pelimpah bertangga. Urutan bendung yang dapat meredam energi paling efektif adalah bendung dengan kemiringan 45° , 50° , 55° , 60° untuk bendung polos, sedangkan untuk bendung pelimpah bertangga juga sama dengan kemiringan 45° , 50° , 55° , 60° .

2.2.3 Ign.Sutyas Aji (2008) "Loncatan Air Pada Saluran Miring Terbuka Dengan Variasi Panjang Kolam Olakan"

Pada penelitian ini dibuat suatu alat peraga berupa saluran miring yang dilengkapi sekat ambang datar. Pemberian sekat ini dimaksudkan agar dapat ditunjukkan seara langsung gerak loncatan air pada bendung. Karakteristik loncatan

air dan karakteristik aliran pada penggunaan sekat maupun tanpa sekat selanjutnya dibandingkan, kemudian ditentukan efektifitas sekat pada berbagai variasi debit, panjang kolam olakan, dan dimensi ambang atau sekat.

Hasil pengamatan pada peragaan ini menunjukkan bahwa penggunaan sekat ambang datar pada saluran miring secara umum dapat memperagakan loncatan air. Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya aliran subkritis pada hilir loncatan dan aliran superkritis pada awal loncatan. Keefektifan penggunaan sekat ambang datar pada berbagai variasi Q dan L_B terdapat pada sekat berukuran 3 x 3 cm.

2.3. Keaslian Penelitian

Penelitian Studi Panjang Loncat Air dengan Bangkitan Loncatan Menggunakan Model Bendung ini mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, seperti dijelaskan pada sub bab di atas. Penelitian ini memiliki persamaan dan perbedaan dengan penelitian sebelumnya. Persamaan dan perbedaan penelitian akan dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

Peneliti	R.A Dita Nurjanah (2014)	Muhamad Yusuf (2013)	Ign.Sutyas Aji (2008)
Judul	Analisis Tinggi Dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran	Pengaruh Pelimpah Bertangga Tipe Akar Terpotong Terhadap Panjang Loncat Air dan Kehilangan Energi Pada Kolam Olak	Loncatan Air Pada Saluran Miring Terbuka Dengan Variasi Panjang Kolam Olakan
Saluran	Flume	Flume yang berdimensi panjang 10 m, lebar 30 cm dan tinggi 60 cm, dan kemiringan dasar saluran 0.0030	Saluran berukuran panjang 15 m, lebar 27 cm, dan tinggi 20 cm
Model Pintu	Setengah lingkaran	Bendung polos dan bendung pelimpah dengan kemiringan 45°, 50°, 55°, dan 60°	Bendung berukuran panjang 25 cm, tinggi 10 cm, lebar 27 cm
Variasi	Debit dan kecepatan	Debit	Debit, panjang olakan dan dimensi ambang atau sekat ambang datar dengan ukuran 2x2 cm dan 3x3 cm

Lanjutan Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

Peneliti	R.A Dita Nurjanah (2014)	Muhamad Yusuf (2013)	Ign.Sutyas Aji (2008)
Hail Penelitian	<p>Hasil dari penelitian, panjang loncatan pada kecepatan ketiga hasil yang paling mendekati adalah pada penampang 15 cm, dimana L_J laboratorium = 0,14 m sedangkan pada perhitungan secara teori $L_{J \text{ Teori}} = 0,105$ m, sedangkan untuk tinggi ada perbedaan pada kecepatan kedua, pada kecepatan kedua hasil dari tinggi loncatan ada perbedaan pada penampang 20 cm dimana hasil dari teori lebih besar di bandingkan di</p>	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa percobaan yang paling efektif mengurangi panjang loncat air (L_J) yang terjadi, yaitu pada percobaan bendung bertangga dengan kemiringan tubuh bendung 60° dengan pengaliran debit (Q) kelima sebesar 2810,415 cm^3/dt maka dihasilkan panjang loncatan hidrolis (L_J) sebesar 9,5 cm. Sedangkan percobaan pelimpah bendung yang paling efektif untuk meredam</p>	<p>Secara umum perencanaan panjang panjang kolam olah dan ukuran sekat pada pengujian menunjukkan hasil yang efektif terutama pda sekat ukuran 3x3 cm. Penggunaan sekat yang kurang efektif yaitu pada $Q = 4395$ cm^3/detik, $L_B = 10$ cm dan $L_B = 20$ cm, untuk ukuran sekat 2x2 cm. Ketidakefektifan disebabkan oleh ketidakmampuan sekat dengan dimensi yang kecil untuk meredam energi</p>

Lanjutan Tabel 2.1 Persamaan dan Perbedaan Penelitian

Peneliti	R.A Dita Nurjanah (2014)	Muhamad Yusuf (2013)	Ign.Sutyas Aji (2008)
Hasil Penelitian	lapangan, $h_{\text{Teori}} = 0,058$ m dan $h_{\text{Laboratorium}} = 0,055$ m. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan antara penelitian dilapangan dan Perhitungan secara teori.	energi aliran adalah bendung polos dengan kemiringan 45° dan debit $2810,415 \text{ cm}^3/\text{dt}$.	aliran dengan debit yang besar, sehingga untuk menghindari ketidakefektif tersebut dibutuhkan pengaturan panjang kolam olakan dengan menyesuaikan besar debit aliran pada saluran
Lokasi	Sumatera Selatan	Surakarta	Yogyakarta

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Bendung

Bendung adalah bangunan yang diletakkan melintang pada suatu aliran sungai dengan maksud untuk menaikkan elevasi muka air, menangkap air, lalu menyalurkannya untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku, penggelontoran drainase kota dan lain-lain (Standar Perencanaan Irigasi, KP-02,1986). Di hilir bendung terjadi peristiwa loncat air. Pada peristiwa loncat air tersebut terjadi perubahan karakteristik aliran air hilir bendung dari aliran superkritis menjadi subkritis.

Sedangkan bendung tetap adalah bendung yang terdiri dari ambang tetap, sehingga muka air banjir tidak dapat diatur elevasinya. Dibangun umumnya di sungai-sungai ruas hulu dan tengah.

Bendung berfungsi antara lain untuk meninggikan muka air, agar air sungai dapat disadap sesuai dengan kebutuhan dan untuk mengendalikan aliran, angkutan sedimen dan geometri sungai sehingga air dapat dimanfaatkan secara aman, efektif, efisien dan optimal.

Sesuai konstruksinya bendung dapat dibedakan menjadi bendung pelimpah dan bendung gerak. Untuk perencanaan ini akan dibahas mengenai bendung pelimpah. Bendung pelimpah yang dibangun melintang sungai, akan memberikan tinggi air minimum kepada bangunan intake untuk keperluan irigasi. Merupakan penghalang selama terjadi banjir dan dapat menyebabkan genangan di udik bendung.

Bendung pelimpah terdiri dari antara lain tubuh bendung dan mercu bendung. Tubuh bendung merupakan ambang tetap yang berfungsi untuk meninggikan taraf muka air sungai. Mercu bendung berfungsi untuk mengatur tinggi air minimum, melewati debit banjir, dan untuk membatasi tinggi genangan yang akan terjadi di hulu bendung. Nama bendung untuk penyebutan suatu bendung yang biasanya diberi

nama sama dengan nama sungai atau sama dengan nama kampung atau desa disekitar bandung tersebut.

3.2 Aliran Saluran Terbuka

Menurut Bambang Triadmojo (2008), Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk aliran melalui saluran terbuka. Oleh karena aliran melalui saluran terbuka harus mempunyai muka air bebas, maka aliran ini biasanya berhubungan dengan zat cair dan umumnya adalah air.

Analisis aliran melalui saluran terbuka lebih sulit daripada aliran melalui pipa (saluran tertutup). Di dalam pipa, tampang lintang aliran adalah tetap yang tergantung dengan dimensi pipa. Demikian juga kekasaran dinding pipa adalah seragam di sepanjang pipa. Pada saluran terbuka misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran, dan sebagainya. Ketidak teraturan tersebut mengakibatkan analisis aliran sangat sulit untuk diselesaikan secara analitis. Oleh karena itu analisis melalui saluran terbuka adalah lebih empiris dibanding dengan aliran melalui pipa. Sampai saat ini metode empiris masih yang terbaik untuk menyelesaikan masalah tersebut. Untuk saluran buatan; seperti saluran irigasi, drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air atau keperluan industri; karakteristik aliran di sepanjang saluran adalah seragam. Analisis aliran jauh lebih sederhana daripada aliran melalui saluran alam. Teori aliran yang ada dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan teliti.

3.3 Kondisi Aliran

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) aliran viskos dapat dibedakan dalam aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar adalah apabila partikel-partikel zat cair bergerak teratur dengan membentuk garis lintasan kontinyu dan tidak saling berpotongan. Apabila warna diinjeksikan pada suatu titik pada aliran, maka zat warna tersebut akan mengalir menurut garis aliran yang teratur seperti benang tanpa terjadi difusi atau penyebaran. Pada aliran disaluran atau pipa yang mempunyai bidang batas sejajar, garis-garis lintasan akan sejajar. Sedang dalam saluran yang mempunyai bidang tidak sejajar, garis aliran akan menguncup atau mengembang sesuai dengan bentuk saluran. Kecepatan partikel pada zat cair pada masing-masing garis lintasan tidak sama tetapi bertambah dengan jarak dinding saluran. Aliran laminar dapat terjadi apabila kecepatan aliran rendah, ukuran saluran sangat kecil dan cair mempunyai kekentalan besar.

Pada aliran turbulen, partikel-partikel zat cair bergerak tidak teratur dan garis lintasannya saling berpotongan. Zat warna yang dimasukkan pada satu titik dalam aliran akan terdifusi dengan dengan cepat ke seluruh aliran. Aliran turbulen terjadi apabila kecepatan aliran besar, saluran besar dan zat cair mempunyai kekentalan yang kecil. Aliran sungai, saluran irigasi/drainasi dan di laut adalah contoh dari aliran turbulen.

3.4 Klasifikasi Aliran

Menurut Bambang Triadmojo (2008), pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besa. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka Reynolds $Re > 1.000$, dan laminar apabila $Re < 500$. Dalam hal ini panjang karakteristik yang ada pada angka Reynolds adalah jari-jari hidraulis, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara luas tampang basah dan keliling basah.

Aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap

tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Pada aliran seragam, garis energi, garis muka air dan dasar saluran adalah sejajar sehingga kemiringan dari ketiga garis tersebut adalah sama. Kedalaman air pada aliran seragam disebut kedalaman normal y_n . Untuk debit aliran dan luas tampang lintang saluran tertentu, kedalaman normal adalah konstan di seluruh panjang saluran. Debit Q pada suatu penampang saluran untuk sembarang aliran dinyatakan dengan :

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

Dengan :

V : Kecepatan rata-rata (m/s), dan

A : Luas penampang melintang. (m²)

Aliran disebut tidak seragam atau berubah (*non uniform flow* atau *varied flow*) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan di sepanjang saluran tidak konstan. Apabila perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka disebut aliran berubah cepat, sedang apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan.

Aliran disebut mantap apabila variabel aliran di suatu titik seperti kedalaman dan kecepatan tidak berubah terhadap waktu, dan apabila berubah waktu disebut aliran tidak mantap

Selain itu aliran melalui saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran subkritis (mengalir) dan superkritis (meluncur). Diantara kedua tipe tersebut aliran adalah kritis. Aliran disebut sub kritis apabila suatu gangguan (misalnya batu dilemparkan kedalam aliran sehingga menimbulkan gelombang) yang terjadi di suatu titik pada suatu aliran dapat menjalar ke arah hulu, Aliran sub kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir, dengan kata lain keadaan di hilir akan mempengaruhi aliran disebelah hulu. Apabila kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu maka aliran adalah super kritis. Dalam hal ini kondisi di hulu akan mempengaruhi aliran di sebelah hilir. Penentuan tipe aliran dapat didasarkan pada nilai angka *Froude Fr*, yang mempunyai bentuk $Fr = V/\sqrt{gy}$, dengan V dan y adalah

kecepatan dan kedalaman aliran. Aliran adalah sub kritis apabila $Fr < 1$, kritis apabila $Fr = 1$, dan super kritis apabila $Fr > 1$.

3.5 Angka Froude

Sama seperti dengan angka Reynold, angka Froude juga tidak memiliki dimensi. Dari angka Froude ini dapat dijadikan pembeda antara aliran kritis, sub-kritis dan aliran super-kritis.

Apabila kelembaman dan gaya-gaya gravitasi seimbang maka $Fr = 1$, maka aliran tersebut dapat dikatakan aliran kritis. Jika $Fr < 1$, maka aliran tersebut termasuk sub-kritis, dan jika $Fr > 1$, maka aliran tersebut termasuk aliran super-kritis. Berikut adalah persamaan angka Froude:

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

Dengan :

- Fr : Angka Froude
- v : Kecepatan rata-rata (m/s)
- D : Kedalaman aliran (m), dan
- g : Gaya gravitasi. (m/s²)

3.6 Analisis Regresi Linear Sederhana

Regresi linear sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal. Regresi linear sederhana hanya memiliki satu perubah x yang dihubungkan dengan satu perubah tidak bebas y . Bentuk umum dari persamaan regresi linear untuk populasi adalah sebagai berikut.

$$y = a + bx \quad (3.3)$$

Dengan :

- y : Subyek dalam variabel dependen yang diprediksikan

- a : Harga y bila $x = 0$ (harga konstan)
- b : Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasarkan pada variabel independen. Bila b (+) maka naik, dan bila (-) maka terjadi penurunan, dan
- y : Subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu secara teknis harga b merupakan tangen dari (perbandingan) antara panjang garis variabel independen dengan variabel dependen.

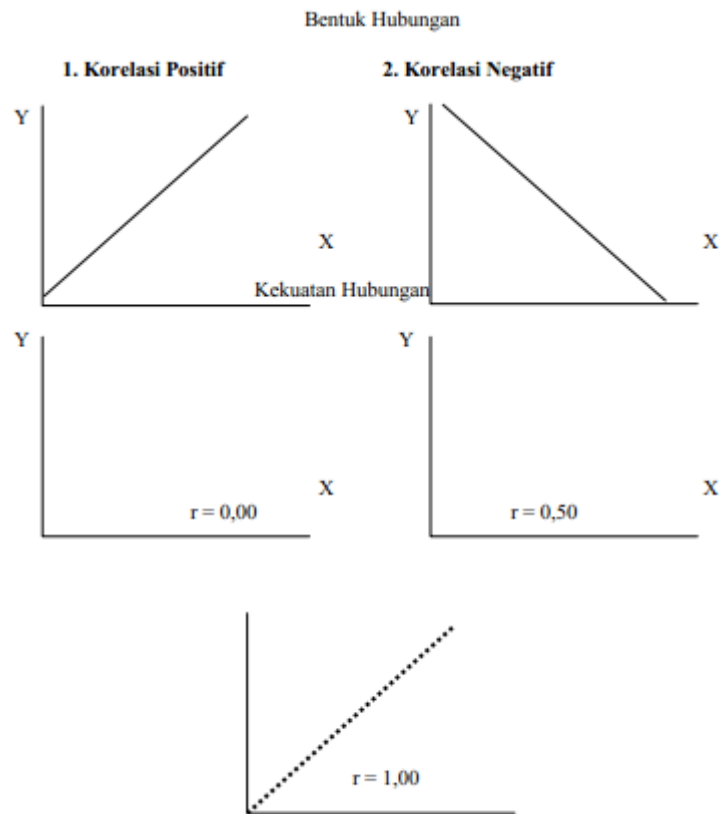
Menentukan persamaan a dan b dapat dihitung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil, yaitu cara yang dipakai untuk menentukan koefisien persamaan a dan b dari jumlah pangkat dua (kuadrat) antara titik-titik dengan garis regresi yang dicari yang terkecil. Dengan demikian dapat ditentukan :

$$a = \frac{\bar{y} - b\bar{x}}{n} \quad (3.4)$$

$$b = \frac{n\bar{xy} - \bar{x}\bar{y}}{n\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \quad (3.5)$$

3.6.1 Koefisien Korelasi

Korelasi menyatakan derajat hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubah. Karena itu hubungan korelasi belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat. Untuk melihat hubungan korelasi dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Korelasi

(Sumber : Andi W, 2011)

Keterangan :

1. Hubungan positif menyatakan hubungan semakin besar nilai pada variabel x , diikuti pula perubahan dengan semakin besar nilai pada variabel y .
2. Hubungan negatif menyatakan hubungan semakin besar nilai pada variabel x , diikuti pula perubahan dengan semakin kecil nilai pada variabel y .
3. $r = 1,00$ menyatakan hubungan yang sempurna kuat; $r = 0,50$ menyatakan hubungan sedang; dan $0,00$ menyatakan tidak ada hubungan sama sekali (dua variabel tidak berhubungan).

Rumus perhitungan koefisien korelasi dapat dihitung dengan persamaan di bawah :

$$R = \frac{n.\bar{x}y - \bar{x}.\bar{y}}{\sqrt{n.(\bar{x}^2) - (\bar{x})^2} \sqrt{n.(\bar{y}^2) - (\bar{y})^2}} \quad (3.6)$$

Dengan :

R_{xy} : Hubungan variabel x dengan variabel y

x : Nilai variabel x , dan

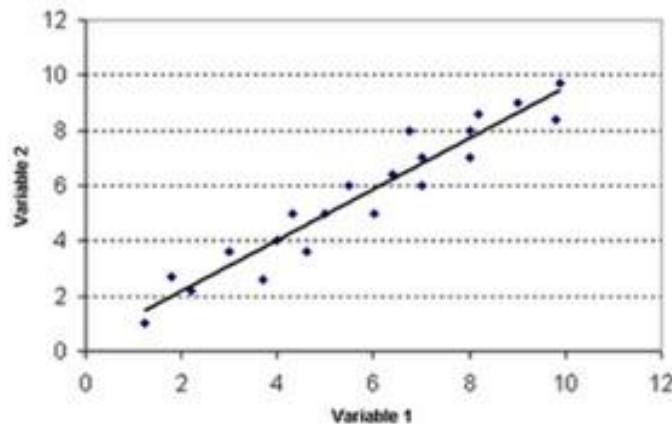
y : Nilai variabel y .

3.6.2 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi dilambangkan dengan r^2 , merupakan kuadrat dari koefisien korelasi. Koefisien ini dapat digunakan untuk menganalisis apakah variabel yang diduga atau diramal (y) dipengaruhi oleh variabel (x) atau seberapa variabel independen (bebas) mempengaruhi variabel dependen (tak bebas).

3.6.3 Membuat Garis Regresi

Garis regresi dapat digambarkan berdasarkan persamaan yang telah ditemukan. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik Analisis Regresi Linear

(Sumber : Andi W, 2011)

Ciri-ciri data yang menyebar normal bila diplotkan dengan QQ-Plot adalah bahwa titik-titik data tersebut tersebar di sejitar garis lurus, dan bila menemukan

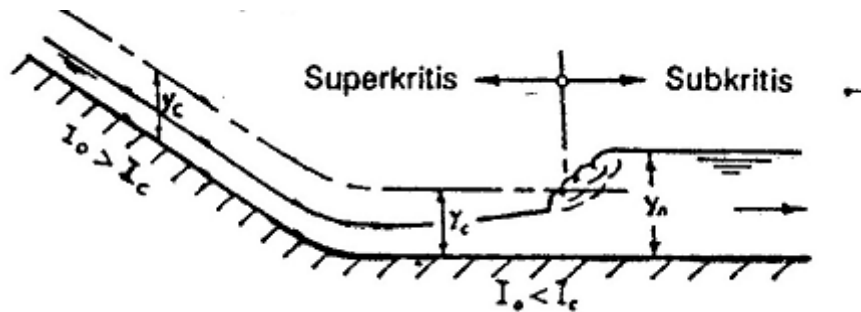
ujung-ujung dari titik-titik data tersebut agak menjauh dari garis lurus. Hal ini adalah hal yang wajar dan tidak perlu dianggap serius. Fokus perhatiannya adalah pada daerah tengah dari kumpulan titik tersebut. Bila dapat didekati atau digambarkan dengan garis lurus, maka data tersebut dapat dikatakan menyebar normal.

3.7 Loncat Air

Loncat air merupakan fenomena gerakan air yang terjadi akibat adanya aliran *superkritis* pada saluran *subkritis*, sehingga dengan permasalahan ini akan terjadi penyesuaian aliran. Dalam proses ini akan terbentuk kondisi aliran berubah cepat (*rapidly varied flow*). Loncatan air bisa difungsikan sebagai peredam energi dan untuk menaikkan kembali permukaan air serta untuk memperbesar tekanan, sehingga dapat mengurangi gaya uplift dan pengendalian yang diakibatkan turbulensi dari efek loncatan air tersebut.

Pada loncat air, dapat dilihat olakan yang sangat besar, yang disertai dengan pengurangan energi yang sangat besar, sehingga setelah loncat air aliran menjadi tenang oleh karena itu kecepatan menjadi berkurang secara mendadak dan kedalaman aliran bertambah secara cepat.

Permasalahan loncatan air yang perlu di perhatikan adalah bentuk aliran, panjang loncatan dan tinggi loncatan. Secara teoritis permasalahan diatas digolongkan dalam beberapa type loncatan dimana dipengaruhi oleh besarnya Froude Number (Fr) dari aliran di bagian hulu Sedangkan besarnya Froude Number dipengaruhi kecepatan dan kedalaman alirannya. Fenomena loncat air dapat dilihat pada gambar Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Loncat Air

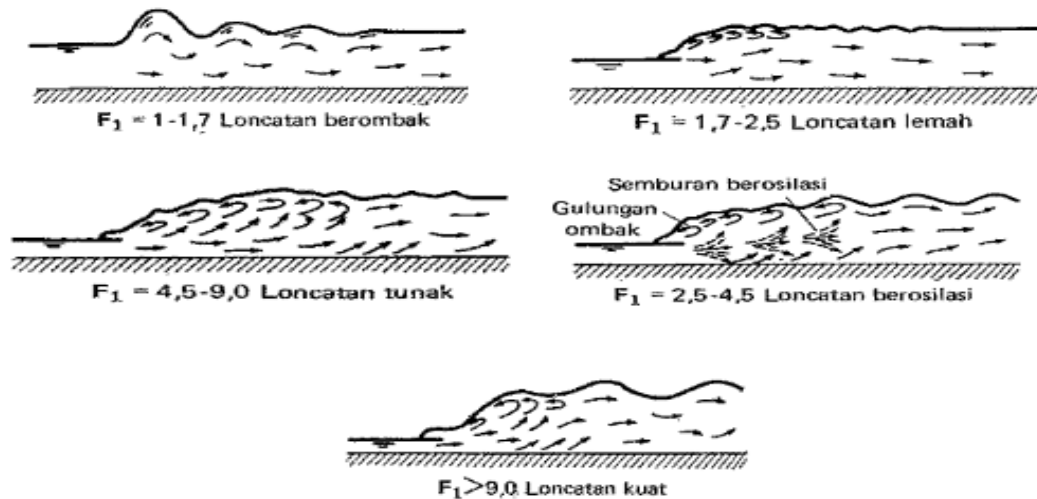
(Sumber : Bambang Triadmodjo, 1993)

3.7.1 Tipe Loncatan Hidraulik

Loncatan hidraulik yang terjadi pada dasar mendatar, terdiri dari beberapa jenis yang berbeda-beda. Sarjana Biro Reklamasi Amerika Serikat membedakan jenisnya berdasarkan bilangan Froude (Fr). Jenis tersebut adalah :

1. Bilangan Froude (Fr) = 1, aliran kritis, sehingga tidak terbentuk loncatan.
2. Bilangan Froude (Fr) = 1 - 7, terjadi ombak pada permukaan air, dan loncatan yang terjadi dinamakan loncatan berombak
3. Untuk Bilangan Froude (Fr) = 1,7 sampai 2,5, terbentuk rangkaian gulungan ombak pada permukaan loncatan, tetapi permukaan air dihilir tetap halus. Secara keseluruhan kecepatannya seragam, dan rugi energinya kecil dan dinamakan loncatan lemah.
4. Untuk Bilangan Froude (Fr) = 2,5 sampai 4,5, terdapat semburan berisolasi menyertai dasar loncatan bergerak ke permukaan dan kembali lagi tanpa periode tertentu. Loncatan ini dinamakan *Loncatan berisolasi*.
5. Untuk Bilangan Froude (Fr) = 4,5 sampai 9,0, ujung-ujung permukaan hilir akan bergulung dan titik dimana kecepatan semburannya tinggi cenderung memisahkan diri dari aliran. Loncatan semacam ini sangat seimbang dan karakteristiknya adalah yang terbaik. Loncatan ini dinamakan loncatan tetap.

6. Untuk bilangan Froude (Fr) = 9 dan yang lebih besar, kecepatan semburan yang tinggi akan memisahkan hampasan gelombang gulung dari permukaan loncatan, menimbulkan gelombang-gelombang hilir dan loncatan ini disebut loncatan kuat.



Gambar 3.4 Tipe Loncatan Hidraulik

(Sumber : Bambang Triadmodjo, 1993)

Untuk bilangan-bilangan froude diatas 4,5 loncat air bisa mantap dan peredaman energi dapat dicapai dengan baik. Kolam olakan tipe USBR II khusus dikembangkan untuk bilangan-bilangan itu.

3.7.2 Kecepatan Awal Loncatan

Untuk menentukan berapa kecepatan awal loncatan dapat dicari dengan rumus (Standar Perencanaan Irigasi, KP-02, 1986):

$$v_1 = \sqrt{2g\left(\frac{1}{2} H_1 + z\right)} \quad (3.7)$$

Dengan:

- v_1 : Kecepatan awal loncatan (m/s)
 g : Percepatan gravitasi (m/s²)
 h_1 : Tinggi energi di atas ambang (m), dan
 z : Tinggi jatuh. (m)

3.7.3 Kedalaman Loncat Air

Untuk menentukan berapa kedalaman air di awal dan akhir loncat serta besar bilangan froude dapat dicari dengan rumus (Standar Perencanaan Irigasi, KP-02, 1986):

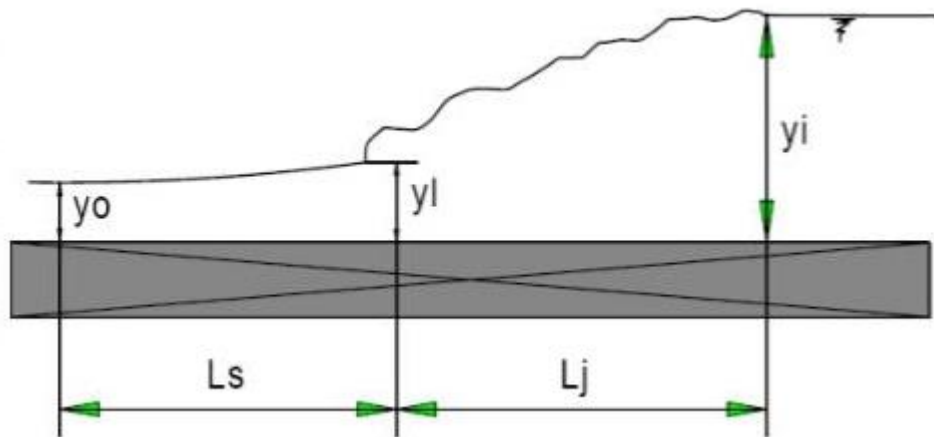
$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 Fr_1^2} - 1 \right) \quad (3.8)$$

Dengan :

- h_1 : Kedalaman air di awal loncat air (m)
 h_2 : Kedalaman air di atas ambang ujung hilir (m), dan
 Fr_1 : Bilangan fraude 1 (sebelum loncat air).

3.7.4 Panjang Loncat Air

Menurut Ranga Raju, KG (1986), panjang loncatan hidraulik air dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan air sampai menuju pada suatu titik permukaan gulungan ombak di bagian hilir. Panjang loncatan hidraulik air secara teoritis sukar ditentukan, tetapi telah diselidiki beberapa kali percobaan oleh beberapa ahli hidrolika. Notasi panjang loncat air dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Notasi Panjang Loncat Air

(Sumber : Ranga Raju, 1986)

Untuk mendapatkan panjang loncat air L , tidak ada rumus teoritis yang dapat digunakan untuk menghitungnya. Panjang loncat air dapat ditentukan dengan percobaan laboratorium. Untuk mengetahui panjang loncat air secara teoritis di hitung dengan menggunakan empat persamaan yaitu Woyeski, Smetana, Silvester, dan USBR dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

1. Woyeski

Menghitung panjang loncatan hidrolis menurut Woyeski dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{h_2}{h_1} \right) \right\} (h_2 - h_1) \quad (3.9)$$

Dengan :

L : Panjang loncat air (m)

h_1 : Kedalaman air di hulu loncat air (m), dan

h_2 : Kedalaman air di hilir loncat air. (m)

2. Smetana

Menghitung panjang loncatan hidrolis menurut Smetana dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L = C (h_2 - h_1) \quad (3.10)$$

Dengan :

L : Panjang loncat air (m)

C : Nilai konstanta $C = 6$

h_1 : Kedalaman air sebelum loncatan terjadi (m), dan

h_2 : Kedalaman air setelah terjadinya loncatan hidrolis. (m)

3. Silvester

Menghitung panjang loncatan hidrolis menurut Silvester (1964) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L = 9,75 (Fr - 1)^{1,01} \cdot h_1 \quad (3.11)$$

Dengan :

L : Panjang loncat air (m)

Fr : Angka Froude pada loncatan, dan

h_1 : Kedalaman air sebelum terjadi loncatan. (m)

4. USBR

Menghitung panjang loncatan hidrolis menurut USBR dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$L = An (h_2 - h_1) \quad (3.12)$$

Dengan :

L : Panjang loncat air (m)

An : Konstanta yang nilainya berkisaran (5 –6,9)

h_1 : Kedalaman air sebelum terjadi loncatan (m), dan

h_2 : Kedalaman air setelah loncatan terjadi. (m)

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

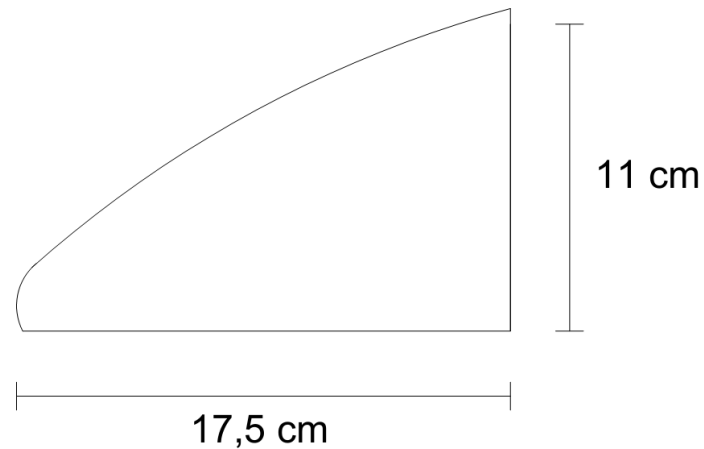
Metode penelitian adalah rangkaian dari kegiatan pelaksanaan penelitian dengan dasar pandangan filosofis, asumsi dasar, dan ideologis serta pertanyaan isu yang dihadapi. Sebuah penelitian memiliki rancangan penelitian tertentu. Rancangan ini menjelaskan prosedur yang harus dilakukan, sumber data serta dengan cara apa data tersebut dibuat dan diolah. Tujuan dari rancangan ini adalah menggunakan metode penelitian yang baik dan tepat, dirancang kegiatan yang bisa memberikan jawaban yang benar terhadap pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian.

Pada tugas akhir yang sedang dilaksanakan dengan judul “Studi Panjang Loncatan Air dengan Bangkitan Loncatan Menggunakan Model Bendung”, peneliti melakukan penelitian yang akan dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan Universitas Islam Indonesia dengan menggunakan alat saluran *flume*.

4.2 Cara Pengambilan Sampel

Cara pengambilan sampel pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan model peluap bangunan bendung yang akan digunakan dari bahan plastic fiber yang sudah disediakan di Laboratorium, dengan detail ukuran model bangunan bendung panjang 17,5 cm dan tinggi 11 cm. Detail ukuran model bendung dapat dilihat pada Gambar 4.1.



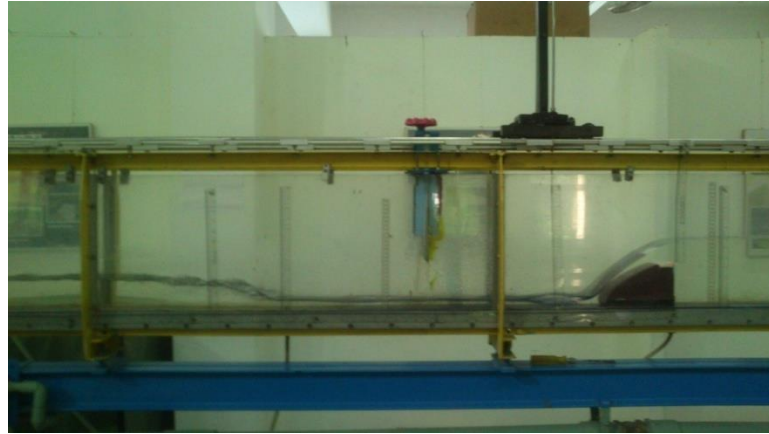
Gambar 4.1 Model Bendung dengan Tinggi Mercu 11 cm dan Panjang 17,5 cm

2. Memasang alat uji model peluap bangunan bendung yang telah dibuat pada multi teaching purpose flume dan pastikan alat uji terpasang dengan baik.
3. Memasang mistar pada dinding *flume* untuk mengukur panjang dan tinggi loncat air.
4. Mengalirkan air pada saluran terbuka dengan menghidupkan pompa.

4.3 Bahan dan Alat Penelitian

4.3.1 Flume

Alat utama yang digunakan adalah saluran terbuka dalam bentuk saluran dari kaca yang dilengkapi dengan pompa untuk mengalirkan air. Saluran ini dikenal dengan nama *flume*. Detail penampakan *flume* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Flume di Laboratorium Hidrolika UII

4.3.2 Bak Penampung

Bak penampung air yang dimaksud disini adalah bak penampung air yang terdiri dari dua ruang yaitu yang pertama ruang bak penampung sebagai sumber air yang akan dipompa dan disalurkan ke dalam *flume*, alirannya berlaku secara memutar. Yang kedua adalah ruang bak untuk melakukan pengukuran debit aliran. Bak ini dilengkapi dengan skala untuk mengukur kedalaman air di dalam bak. Kedalaman air didalam bak akan menyatakan besaran volume air yang sudah tertampung di dalam bak. Detail penampakan bak penampung dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bak Penampung Air

4.3.3 Model Pembendungan

Untuk pembangkitan fenomena loncat di dalam saluran terbuka (*flume*) dapat dilakukan dengan membangun atau memasang model pembendungan di dalam *flume*. Model yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah model bendung (*weir*). Detail penampakan model bendung dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Model Bendung (*weir*)

4.3.4 Alat Ukur Kedalaman Aliran

Alat ini di pasang di permukaan flume dan terdiri dari satu set lengkap dengan skala pengukuran. Alat utama untuk mengukur adalah jarum ujung yang dapat disentuhkan ke permukaan aliran. Detail penampakan model bendung dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Alat Ukur Kedalaman Aliran

4.3.5 Alat Ukur Stopwatch

Digunakan untuk mengukur waktu yang dibutuhkan untuk volume tampungan tertentu pada bak penampungan

4.3.6 Mistar

Mistar berfungsi untuk mengukur jarak pada loncat air disepanjang aliran.

4.4. Metode Pengukuran

Pengukuran diawali dengan bak penampung, yaitu Bak-A dengan air secukupnya. Kemudian untuk mengalirkan air dari Bak-A ke *flume* digunakan pompa-1, sehingga terjadilah pengaliran saluran terbuka di dalam *flume*. Setelah pengaliran sudah berjalan dengan baik dan stabil barulah dapat dilakukan berbagai pengukuran yang akan dilaksanakan di dalam penelitian.

4.4.1 Pengukuran Debit Aliran

Pengukuran debit aliran dilakukan dengan metode volumetrik. Pengukuran debit aliran dimulai dengan menguras air dari bak ukur debit (Bak B) sampai bersih dengan menggunakan pompa-2. Kemudian air dari *flume* dimasukkan ke Bak-B dengan menggunakan tabung pemindah aliran. Pengukuran debit dilakukan dengan menggunakan *stop-watch* dengan membaca waktu yang ada di *stop-watch* dan membuka volume air yang masuk ke Bak-B pada skala ukur yang tersedia di Bak-B.

Setelah air masuk ke Bak-B barulah pembacaan waktu dan bolume air di Bak-B dilakukan.

$$Q = \frac{Volume}{Waktu} \quad (4.1)$$

4.4.2 Pengukuran Komponen Larian Loncat Air

Untuk membangkitkan loncat air maka aliran yang ada dalam *flume* dibendung dengan alat penghalang aliran yang berada di tempat paling hilir dari *flume*. Ketika alat penghalang aliran ini di angkat maka akan terbentuklah loncat air dan panjang larian loncatan air yang dapat diukur mulai dari kaki hilir model bendung. Yang diukur berkaitan dengan panjang larian loncat air ini adalah panjang larian itu sendiri dan kedalaman hulu larian yang berada dekat kaki hilir bendung serta kedalaman hilir larian yang merupakan kedalaman awal loncat air.

4.4.3 Pencatatan Hasil Pengukuran

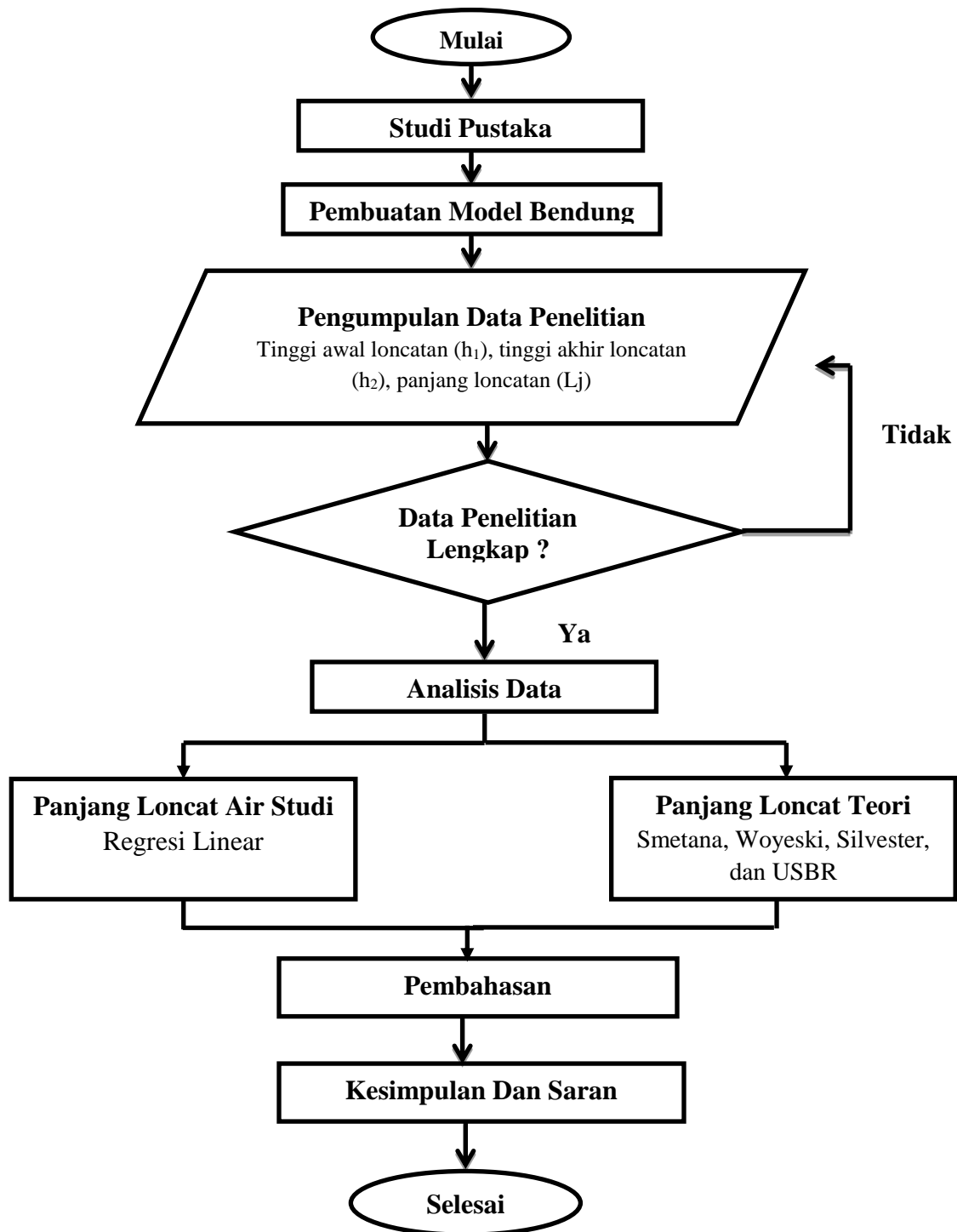
Semua hasil pengukuran yang sudah dilakukan dicatat secara sendiri-sendiri yang berhubungan dengan larian loncat air ataupun loncatan air itu sendiri.

4.5. Analisis Data Hasil Pengukuran

Analisis data hasil pengukuran dilakukan untuk mendapatkan persamaan empirik untuk panjang larian loncat air maupun untuk panjang loncat air itu sendiri.

4.6. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.6.

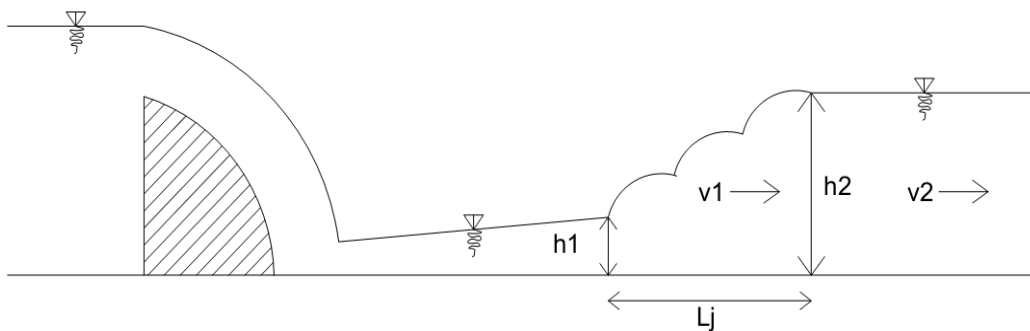


Gambar 4.6 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Penelitian

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini diperlukan beberapa data antara lain interval volume tertampung (v), waktu yang dibutuhkan untuk tiap interval volume tertampung (s), ketinggian awal loncat air (h_1), ketinggian akhir loncat air (h_2), dan panjang loncat air (L_j) yang dilakukan pengambilan data di Laboratorium FTSP UII. Notasi data pada aliran dapat ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Notasi Data Pada Aliran

Pada percobaan panjang loncatan air menggunakan bangkitan model bendung dengan tiga variasi debit dan empat variasi pengukuran parameter loncat air didapat data pengukuran di laboratorium yang tersaji pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, dan Tabel 5.3

Tabel 5.1 Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Pertama

No	Tinggi Loncat Air (m)		Panjang Loncat Air (m)	Volume (m ³)	Waktu (s)
	h_1	h_2	L_j		
1	0,019	0,065	0,308	0,01	6,5

Lanjutan Tabel 5.1 Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Pertama

No	Tinggi Loncat Air (m)		Panjang Loncat Air (m)	Volume (m ³)	Waktu (s)
	h ₁	h ₂	L _J		
2	0,020	0,058	0,25	0,01	6,8
3	0,021	0,053	0,237	0,01	6,9
4	0,023	0,046	0,143	0,01	7,2

Tabel 5.2 Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Kedua

No	Tinggi Loncat Air (m)		Panjang Loncat Air (m)	Volume (m ³)	Waktu (s)
	h ₁	h ₂	L _J		
1	0,025	0,078	0,338	0,01	5,1
2	0,026	0,069	0,292	0,01	4,7
3	0,029	0,057	0,184	0,01	4,8
4	0,032	0,055	0,159	0,01	5,0

Tabel 5.3 Data Percobaan Panjang Loncat Air Pada Debit Ketiga

No	Tinggi Loncat Air (m)		Panjang Loncat Air (m)	Volume (m ³)	Waktu (s)
	h ₁	h ₂	L _J		
1	0,027	0,090	0,374	0,01	3,0
2	0,028	0,085	0,319	0,01	3,2
3	0,035	0,079	0,258	0,01	2,9
4	0,037	0,075	0,223	0,01	3,0

5.2. ANALISIS DATA

5.2.1 Analisis Data Pada Debit ke Pertama

Dalam pengambilan data analisis debit air pada saluran dilakukan empat kali pengukuran, data yang diamati meliputi volume air tertampung (v), dan waktu yang dibutuhkan untuk volume tampungan (s). Setelah itu dilakukan perhitungan debit rata-rata (\overline{Q}_1) untuk mendapatkan hasil debit yang lebih akurat.

1. Debit nyata

Perhitungan debit nyata pada saluran adalah sebagai berikut.

a. Debit ke 1 pada Pengukuran Pertama

$$Q_I = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_I = \frac{V}{s}$$

$$Q_I = \frac{0,01}{6,5} = 0,00153 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Debit ke 1 pada Pengukuran Kedua

$$Q_I = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_I = \frac{V}{s}$$

$$Q_I = \frac{0,01}{6,8} = 0,00147 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Debit ke 1 pada Pengukuran Ketiga

$$Q_I = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_I = \frac{V}{s}$$

$$Q_I = \frac{0,01}{6,9} = 0,00144 \text{ m}^3/\text{s}$$

d. Debit ke 1 pada Pengukuran Keempat

$$Q_I = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_I = \frac{V}{s}$$

$$Q_I = \frac{0,01}{7,2} = 0,00138 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan debit nyata 1-4 pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Pertama

No	Waktu (s)	Volume (m ³)	Debit (m ³ /s)
1	6,5	0,01	1,53x10 ⁻³
2	6,8		1,47x10 ⁻³
3	6,9		1,45x10 ⁻³
4	7,2		1,38x10 ⁻³
Rata-rata (\bar{Q}_1)			1,46x10 ⁻³

2. Perhitungan Karakteristik Aliran

Data karakteristik aliran yang diamati meliputi tinggi awal loncat air (h_1), dan tinggi akhir loncat air (h_2). Debit aliran yang digunakan adalah debit aliran hasil dari debit rata-rata empat kali percobaan. Dari data diatas dapat dihitung kecepatan aliran (v), baik kecepatan diawal loncat air (v_1), maupun kecepatan setelah loncat air (v_2), dan angka froude aliran (F_r), baik angka froude diawal loncat air (F_{r1}), maupun angka froude setelah loncat air (F_{r2}).

Berikut ini adalah contoh perhitungan karakteristik aliran untuk debit (Q_1) = 1,46 x 10⁻³ m³/s, dimensi bendung panjang 17,5 cm, dan tinggi 11 cm.

a. Perhitungan Kecepatan Aliran

Rumus yang dipakai untuk menghitung kecepatan aliran adalah sebagai berikut.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \cdot h}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran di awal loncat air (v_1) dan kecepatan aliran di akhir loncatan (v_2) adalah sebagai berikut.

Kecepatan aliran awal loncatan (v_1) :

$$v_1 \text{ bangkitan pertama} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,019} = 0,768 \text{ m/s}$$

$$v_1 \text{ bangkitan kedua} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,020} = 0,729 \text{ m/s}$$

$$v_1 \text{ bangkitan ketiga} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,021} = 0,695 \text{ m/s}$$

$$v_1 \text{ bangkitan keempat} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,023} = 0,643 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran akhir loncatan (v_2) :

$$v_2 \text{ bangkitan pertama} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,065} = 0,224 \text{ m/s}$$

$$v_2 \text{ bangkitan kedua} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,058} = 0,251 \text{ m/s}$$

$$v_2 \text{ bangkitan ketiga} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,053} = 0,275 \text{ m/s}$$

$$v_2 \text{ bangkitan keempat} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{1,46 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,046} = 0,317 \text{ m/s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran di awal loncatan (v_1) dan di akhir loncatan (v_2) dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air

Bangkitan	Tinggi (m)		Kecepatan Aliran (m)	
	h_1	h_2	v_1	v_2
1	0,019	0,065	0,768	0,225
2	0,020	0,058	0,730	0,252
3	0,021	0,053	0,695	0,275
4	0,023	0,046	0,635	0,317

b. Perhitungan Angka Froude (F_r)

Rumus yang dipakai untuk menghitung angka Froude adalah sebagai berikut.

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Hasil perhitungan angka Froude di awal loncat air (Fr_1) dan angka Froude di akhir loncatan (Fr_2) adalah sebagai berikut.

Perhitungan angka Froude diawal loncatan (Fr_1) :

$$Fr_1 \text{ bangkitan pertama} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,768}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,019}} = 1,780 \Leftrightarrow Fr > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ bangkitan kedua} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,730}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,020}} = 1,648 \Leftrightarrow Fr > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ bangkitan ketiga} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,695}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,021}} = 1,532 \Leftrightarrow Fr > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ bangkitan keempat} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,635}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,023}} = 1,336 \Leftrightarrow Fr > 1, \text{ aliran superkritis}$$

Perhitungan angka Froude diakhir loncatan (Fr_2) :

$$Fr_2 \text{ bangkitan pertama} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,225}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,065}} = 0,281 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ bangkitan kedua} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,252}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,058}} = 0,334 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ bangkitan ketiga} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,275}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,053}} = 0,382 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ bangkitan keempat} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,317}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,046}} = 0,472 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan angka Froude di awal loncatan (Fr_1) dan di akhir loncatan (Fr_2) dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Angka Froude

Bangkitan	Fr_1	Aliran	Fr_2	Aliran
1	1,780	Superkritis	0,281	subkritis
2	1,648	Superkritis	0,334	subkritis
3	1,532	Superkritis	0,382	subkritis
4	1,336	Superkritis	0,472	subkritis

3. Perhitungan Panjang Loncat Air Teoritis

Untuk mengetahui panjang loncat air secara teoritis di hitung dengan menggunakan empat persamaan yaitu Woyeski, Smetana, Silvester, dan USBR

a. Woyeski

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Woyeski adalah sebagai berikut :

$$L_J = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{h_2}{h_1} \right) \right\} (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Woyeski :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,065}{0,019} \right) \right\} (0,065 - 0,019) = 0,360 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,058}{0,020} \right) \right\} (0,058 - 0,020) = 0,298 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,053}{0,021} \right) \right\} (0,058 - 0,021) = 0,251 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,046}{0,023} \right) \right\} (0,046 - 0,023) = 0,181 \text{ m}$$

b. Smetana

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Smetana adalah sebagai berikut :

$$L_J = C (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Smetana :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 6 (0,065 - 0,019) = 0,276 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 6 (0,058 - 0,020) = 0,228 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 6 (0,053 - 0,021) = 0,192 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 6 (0,046 - 0,023) = 0,138 \text{ m}$$

c. Silvester

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Silvester adalah sebagai berikut :

$$L_J = 9,75 (Fr - 1)^{1,01} \cdot h_1$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Silvester :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 9,75 (1,780 - 1)^{1,01} \cdot 0,019 = 0,144 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 9,75 (1,648 - 1)^{1,01} \cdot 0,020 = 0,125 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 9,75 (1,532 - 1)^{1,01} \cdot 0,021 = 0,108 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 9,75 (1,336 - 1)^{1,01} \cdot 0,023 = 0,074 \text{ m}$$

d. USBR

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan USBR adalah sebagai berikut :

$$L_J = An (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan USBR :

Perhitungan panjang loncat air minimum :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 5 (0,065 - 0,019) = 0,230 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 5 (0,058 - 0,020) = 0,190 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 5 (0,053 - 0,021) = 0,160 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 5 (0,046 - 0,023) = 0,115 \text{ m}$$

Perhitungan panjang loncat air maksimum :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 6,9 (0,065 - 0,019) = 0,317 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 6,9 (0,058 - 0,020) = 0,262 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 6,9 (0,053 - 0,021) = 0,220 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 6,9 (0,046 - 0,023) = 0,158 \text{ m}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan panjang loncat air dengan empat persamaan dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air

Bangkitan	L _j Teori (m)				
	Woyeski	Smetana	Silvester	USBR	
1	0,360	0,276	0,144	0,230	0,317
2	0,298	0,228	0,125	0,190	0,262
3	0,251	0,192	0,108	0,160	0,220
4	0,181	0,138	0,074	0,115	0,158

5.2.2 Analisis Data Pada Debit ke Dua

Dalam pengambilan data analisis debit air pada saluran dilakukan empat kali pengukuran, data yang diamati meliputi volume air tertampung (v), dan waktu yang dibutuhkan untuk volume tampungan (s). Setelah itu dilakukan perhitungan debit rata-rata (\bar{Q}_2) untuk mendapatkan hasil debit yang lebih akurat.

1. Debit nyata

Perhitungan debit nyata pada saluran adalah sebagai berikut.

a. Debit ke 2 pada Pengukuran Pertama

$$Q_2 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_2 = \frac{V}{s}$$

$$Q_2 = \frac{0,01}{5,1} = 0,00196 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Debit ke 2 pada Pengukuran Kedua

$$Q_2 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_2 = \frac{V}{s}$$

$$Q_2 = \frac{0,01}{4,7} = 0,00212 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Debit ke 2 pada Pengukuran Ketiga

$$Q_2 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_2 = \frac{V}{s}$$

$$Q_2 = \frac{0,01}{4,8} = 0,00208 \text{ m}^3/\text{s}$$

d. Debit ke 2 pada Pengukuran Keempat

$$Q_2 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_2 = \frac{V}{s}$$

$$Q_2 = \frac{0,01}{5} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan debit nyata 1-4 pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Kedua

No	Waktu (s)	Volume (m ³)	Debit (m ³ /s)
1	5,1	0,01	1,96x10 ⁻³
2	4,7		2,12x10 ⁻³
3	4,8		2,08x10 ⁻³
4	5,0		2x10 ⁻³
Rata-rata (\bar{Q}_2)			2,04x10 ⁻³

2. Perhitungan Karakteristik Aliran

Data karakteristik aliran yang diamati meliputi tinggi awal loncat air (h_1), dan tinggi akhir loncat air (h_2). Debit aliran yang digunakan adalah debit aliran hasil dari debit rata-rata empat kali percobaan. Dari data diatas dapat dihitung kecepatan aliran (v), baik kecepatan diawal loncat air (v_1), maupun kecepatan setelah loncat air (v_2), dan angka Froude aliran (F_r), baik angka Froude diawal loncat air (F_{r1}), maupun angka Froude setelah loncat air (F_{r2}).

Berikut ini adalah contoh perhitungan karakteristik aliran untuk debit (Q_2) = 2,04 x 10⁻³ m³/s, dimensi bendung panjang 17,5 cm, dan tinggi 11 cm.

a. Perhitungan Kecepatan Aliran

Rumus yang dipakai untuk menghitung kecepatan aliran adalah sebagai berikut.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \cdot h}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran di awal loncat air (v_1) dan kecepatan aliran di akhir loncatan (v_2) adalah sebagai berikut.

Kecepatan aliran awal loncatan (v_1) :

$$V_1 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_1} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,025} = 0,816 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_1} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,026} = 0,785 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_1} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,029} = 0,704 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_1} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,032} = 0,638 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran akhir loncatan (v_2) :

$$V_2 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_2} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,078} = 0,262 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_2} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,069} = 0,296 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_2} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,057} = 0,358 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{B \cdot h_2} = \frac{2,04 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,055} = 0,371 \text{ m/s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran di awal loncatan (v_1) dan di akhir loncatan (v_2) dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air

Bangkitan	Tinggi (m)		Kecepatan Aliran (m/s)	
	h_1	h_2	v_1	v_2
1	0,025	0,078	0,816	0,262
2	0,026	0,069	0,785	0,296

Lanjutan Tabel 5.9 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air

Bangkitan	Tinggi (m)		Kecepatan Aliran (m/s)	
	h_1	h_2		h_1
3	0,029	0,057	0,704	0,358
4	0,032	0,055	0,638	0,371

b. Perhitungan Angka Froude (F_r)

Rumus yang dipakai untuk menghitung angka Froude adalah sebagai berikut.

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Hasil perhitungan angka Froude di awal loncat air (Fr_1) dan angka Froude di akhir loncatan (Fr_2) adalah sebagai berikut.

Perhitungan angka froude diawal loncatan (Fr_1)

$$Fr_1 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,816}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,025}} = 1,648 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,785}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,026}} = 1,554 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,704}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,029}} = 1,319 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,638}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,032}} = 1,138 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

Perhitungan angka froude diakhir loncatan (Fr_2)

$$Fr_2 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,262}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,078}} = 0,299 \Leftrightarrow F_r < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,296}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,069}} = 0,359 \Leftrightarrow F_r < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,358}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,057}} = 0,478 \Leftrightarrow F_r < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,371}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,055}} = 0,505 \Leftrightarrow F_r < 1, \text{ aliran subkritis}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan angka Froude di awal loncatan (Fr_1) dan di akhir loncatan (Fr_2) dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Angka Froude

Bangkitan	Fr1	Aliran	Fr2	Aliran
1	1,648	Superkritis	0,299	Subkritis
2	1,554	Superkritis	0,359	Subkritis
3	1,319	Superkritis	0,479	Subkritis
4	1,138	Superkritis	0,505	Subkritis

3. Perhitungan Panjang Loncat Air Teoritis

Untuk mengetahui panjang loncat air secara teoritis di hitung dengan menggunakan empat persamaan yaitu Woyeski, Smetana, Silvester dan USBR.

a. Woyeski

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Woyeski adalah sebagai berikut :

$$L_J = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{h_2}{h_1} \right) \right\} (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Woyeski :

$$L_J \text{ Bukaan Pertama} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,078}{0,025} \right) \right\} (0,078 - 0,025) = 0,416 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Kedua} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,069}{0,026} \right) \right\} (0,069 - 0,026) = 0,338 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Ketiga} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,057}{0,029} \right) \right\} (0,057 - 0,029) = 0,221 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Keempat} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,055}{0,032} \right) \right\} (0,055 - 0,032) = 0,182 \text{ m}$$

b. Smetana

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Smetana adalah sebagai berikut :

$$L_J = C (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Smetana :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 6 (0,078 - 0,025) = 0,318 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 6 (0,069 - 0,026) = 0,258 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 6 (0,057 - 0,029) = 0,168 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 6 (0,055 - 0,032) = 0,138 \text{ m}$$

c. Silvester

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Silvester adalah sebagai berikut :

$$L_J = 9,75 (Fr - 1)^{1,01} \cdot h_1$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan

Silvester :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 9,75 (1,648 - 1)^{1,01} \cdot 0,025 = 0,157 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 9,75 (1,554 - 1)^{1,01} \cdot 0,026 = 0,140 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 9,75 (1,319 - 1)^{1,01} \cdot 0,029 = 0,089 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 9,75 (1,138 - 1)^{1,01} \cdot 0,032 = 0,042 \text{ m}$$

d. USBR

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan USBR adalah sebagai berikut :

$$L_J = An (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan USBR :

Perhitungan panjang loncat air minimum :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 5 (0,078 - 0,025) = 0,265 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 5 (0,069 - 0,026) = 0,215 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 5 (0,057 - 0,029) = 0,140 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 5 (0,055 - 0,032) = 0,115 \text{ m}$$

Perhitungan panjang loncat air maksimum :

$$L_J \text{ Bukaan Pertama} = 6,9 (0,078 - 0,025) = 0,366 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Kedua} = 6,9 (0,069 - 0,026) = 0,297 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Ketiga} = 6,9 (0,057 - 0,029) = 0,193 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bukaan Keempat} = 6,9 (0,055 - 0,032) = 0,159 \text{ m}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan panjang loncat air dengan empat persamaan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air

Bangkitan	$L_J \text{ Teori (m)}$				
	Woyeski	Smetana	Silvester	USBR	
1	0,416	0,318	0,157	0,265	0,366
2	0,338	0,258	0,140	0,215	0,297
3	0,221	0,168	0,089	0,140	0,193
4	0,182	0,138	0,042	0,115	0,159

5.2.3 Analisis Data Pada Debit ke Tiga

Dalam pengambilan data analisis debit air pada saluran dilakukan empat kali pengukuran, data yang diamati meliputi volume air tertampung (V), dan waktu yang dibutuhkan untuk volume tampungan (s). Setelah itu dilakukan perhitungan debit rata-rata (\bar{Q}_3) untuk mendapatkan hasil debit yang lebih akurat.

1. Debit nyata

Perhitungan debit nyata pada saluran adalah sebagai berikut.

a. Debit ke 3 pada Pengukuran Pertama

$$Q_3 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_3 = \frac{V}{s}$$

$$Q_3 = \frac{0,01}{3,0} = 0,00333 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Debit ke 3 pada Pengukuran Kedua

$$Q_3 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_3 = \frac{V}{s}$$

$$Q_3 = \frac{0,01}{3,2} = 0,00312 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Debit ke 3 pada Pengukuran Ketiga

$$Q_3 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_3 = \frac{V}{s}$$

$$Q_3 = \frac{0,01}{2,9} = 0,00344 \text{ m}^3/\text{s}$$

d. Debit ke 3 pada Pengukuran Keempat

$$Q_3 = \frac{\text{Volume air tertampung}}{\text{waktu}}$$

$$Q_3 = \frac{V}{s}$$

$$Q_3 = \frac{0,01}{3,0} = 0,00333 \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan debit nyata 1-4 pada saluran dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Perhitungan Debit Nyata Ketiga

No	Waktu (s)	Volume (m ³)	Debit (m ³ /s)
1	3,0	0,01	3,333x10 ⁻³
2	3,2		3,125x10 ⁻³
3	2,9		3,448x10 ⁻³
4	3,0		3,333x10 ⁻³
Rata-rata (\bar{Q}_3)			3,305x10 ⁻³

2. Perhitungan Karakteristik Aliran

Data karakteristik aliran yang diamati meliputi tinggi awal loncat air (h_1), dan tinggi akhir loncat air (h_2). Debit aliran yang digunakan adalah debit aliran hasil dari debit rata-rata empat kali percobaan. Dari data diatas dapat dihitung kecepatan aliran (v), baik kecepatan diawal loncat air (v_1), maupun kecepatan setelah loncat air (v_2), dan angka Froude aliran (F_r), baik angka Froude diawal loncat air (F_{r1}), maupun angka Froude setelah loncat air (F_{r2}).

Berikut ini adalah contoh perhitungan karakteristik aliran untuk debit (Q_3) = $3,305 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$, dimensi bendung panjang 17,5 cm, dan tinggi 11 cm.

a. Perhitungan Kecepatan Aliran

Rumus yang dipakai untuk menghitung kecepatan aliran adalah sebagai berikut :

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{B \cdot h}$$

Hasil perhitungan kecepatan aliran di awal loncat air (v_1) dan kecepatan aliran di akhir loncatan (v_2) adalah sebagai berikut.

Kecepatan aliran awal loncatan (v_1) :

$$V_1 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,027} = 1,224 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,028} = 1,181 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,035} = 0,945 \text{ m/s}$$

$$V_1 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_1} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,037} = 0,893 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran akhir loncatan (v_2) :

$$V_2 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,090} = 0,367 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1 \cdot 0,085} = 0,389 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1,0,079} = 0,418 \text{ m/s}$$

$$V_2 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{Q_1}{A} = \frac{Q_1}{B \cdot h_2} = \frac{3,305 \times 10^{-3}}{0,1,0,075} = 0,441 \text{ m/s}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan kecepatan aliran di awal loncatan (v_1) dan di akhir loncatan (v_2) dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil Perhitungan Kecepatan Aliran Air

Bangkitan	Tinggi (m)		Kecepatan Aliran (m)	
	h_1	h_2	v_1	v_2
1	0,027	0,090	1,224	0,367
2	0,028	0,085	1,181	0,389
3	0,035	0,079	0,945	0,418
4	0,037	0,075	0,893	0,441

b. Perhitungan Angka Froude (F_r)

Rumus yang dipakai untuk menghitung angka Froude adalah sebagai berikut.

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}}$$

Hasil perhitungan angka Froude di awal loncat air (Fr_1) dan angka Froude di akhir loncatan (Fr_2) adalah sebagai berikut.

Perhitungan angka Froude diawal loncatan (Fr_1)

$$Fr_1 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{1,224}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,027}} = 2,379 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{1,181}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,028}} = 2,253 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,945}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,035}} = 1,612 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

$$Fr_1 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{v_1}{\sqrt{g \cdot h_1}} = \frac{0,893}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,037}} = 1,483 \Leftrightarrow F_r > 1, \text{ aliran superkritis}$$

Perhitungan angka Froud diakhir loncatan (Fr_2)

$$Fr_2 \text{ Bangkitan pertama} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,367}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,090}} = 0,391 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan kedua} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,389}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,085}} = 0,426 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan ketiga} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,418}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,079}} = 0,475 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

$$Fr_2 \text{ Bangkitan keempat} = \frac{v_2}{\sqrt{g \cdot h_2}} = \frac{0,441}{\sqrt{(9,81) \cdot 0,075}} = 0,514 \Leftrightarrow Fr < 1, \text{ aliran subkritis}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan angka Froude di awal loncatan (fr_1) dan di akhir loncatan (fr_2) dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Hasil Perhitungan Angka Froude

Bangkitan	Fr_1	Aliran	Fr_2	Aliran
1	2,379	Superkritis	0,391	Subkritis
2	2,253	Superkritis	0,426	Subkritis
3	1,612	Superkritis	0,475	Subkritis
4	1,483	Superkritis	0,514	Subkritis

3. Perhitungan Panjang Loncat Air Teoritis

Untuk mengetahui panjang loncat air secara teoritis di hitung dengan menggunakan empat persamaan yaitu Woyeski, Smetana, Silvester, dan USBR.

a. Woyeski

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Woyeski adalah sebagai berikut :

$$L_J = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{y_2}{y_1} \right) \right\} (y_2 - y_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Woyeski :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,09}{0,027} \right) \right\} (0,09 - 0,027) = 0,494 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,085}{0,028} \right) \right\} (0,085 - 0,028) = 0,447 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,079}{0,035} \right) \right\} (0,079 - 0,035) = 0,347 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = \left\{ 8 - 0,05 \left(\frac{0,075}{0,037} \right) \right\} (0,075 - 0,037) = 0,3 \text{ m}$$

b. Smetana

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Smetana adalah sebagai berikut :

$$L_J = C (h_2 - h_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Smetana :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 6 (0,09 - 0,027) = 0,378 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 6 (0,085 - 0,028) = 0,342 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 6 (0,079 - 0,035) = 0,264 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 6 (0,075 - 0,037) = 0,228 \text{ m}$$

c. Silvester

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan persamaan Silvester adalah sebagai berikut :

$$L_J = 9,75 (Fr - 1)^{1,01} \cdot h_1$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan Silvester :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 9,75 (2,379 - 1)^{1,01} \cdot 0,027 = 0,364 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 9,75 (2,252 - 1)^{1,01} \cdot 0,028 = 0,343 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 9,75 (1,611 - 1)^{1,01} \cdot 0,035 = 0,208 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 9,75 (1,482 - 1)^{1,01} \cdot 0,037 = 0,173 \text{ m}$$

d. USBR

Rumus yang dipakai untuk menghitung panjang loncat air dengan USBR adalah sebagai berikut :

$$L_J = An (y_2 - y_1)$$

Berikut adalah hasil perhitungan panjang loncat air dengan persamaan USBR :

Perhitungan panjang loncat air maksimum :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 5 (0,090 - 0,028) = 0,315 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 5 (0,085 - 0,028) = 0,285 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 5 (0,079 - 0,035) = 0,220 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 5 (0,075 - 0,037) = 0,190 \text{ m}$$

Perhitungan panjang loncat air maksimum :

$$L_J \text{ Bangkitan Pertama} = 6,9 (0,090 - 0,028) = 0,435 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Kedua} = 6,9 (0,085 - 0,028) = 0,393 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Ketiga} = 6,9 (0,079 - 0,035) = 0,304 \text{ m}$$

$$L_J \text{ Bangkitan Keempat} = 6,9 (0,075 - 0,037) = 0,262 \text{ m}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan panjang loncat air dengan empat persamaan dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Perhitungan Panjang Loncat Air

Bangkitan	L _J Teori (m)				
	Woyeski	Smetana	Silvester	USBR	
1	0,494	0,378	0,364	0,315	0,435
2	0,447	0,342	0,343	0,285	0,393
3	0,347	0,264	0,208	0,220	0,304
4	0,300	0,228	0,173	0,190	0,262

5.2.4 Perhitungan Panjang Loncat Air dengan Analisis Regresi Linear

Dalam perhitungan data panjang loncat air dengan analisis regresi linear perlu penentuan dua variabel x dan y , dalam penelitian ini data yang dijadikan variabel (x) adalah ketinggian akhir pada loncat air (h_2) dibagi dengan ketinggian awal pada loncat air (h_1), dan untuk variabel (y) adalah panjang loncat air laboratorium (L_j). Data yang dipakai berjumlah dua belas data dari tiga kali percobaan yang dilakukan pada penelitian ini.

1. Data dan hasil perhitungan variabel x dengan tabel adalah sebagai berikut :

Tabel 5.16 Data dan Hasil Perhitungan Variabel x

Debit	Bangkitan	Panjang Loncat Air Laboratorium (y)	h_2	h_1	h_2/h_1 (x)
1	1	0,308	0,065	0,019	3,421
	2	0,25	0,058	0,020	2,900
	3	0,237	0,053	0,021	2,524
	4	0,143	0,046	0,023	2,000
2	5	0,338	0,078	0,025	3,120
	6	0,292	0,069	0,026	2,654
	7	0,184	0,057	0,029	1,966
	8	0,159	0,055	0,032	1,719
3	9	0,374	0,090	0,027	3,333
	10	0,319	0,085	0,028	3,036
	11	0,258	0,079	0,035	2,257
	12	0,223	0,075	0,037	2,027

2. Mencari dan menghitung persamaan regresi dengan menggunakan bahan dari persiapan kerja analisis regresi. Hasil perhitungan x^2 , y^2 , dan xy dapat ditunjukkan pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil Perhitungan x^2 , y^2 , xy

<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	y^2	<i>xy</i>
1	3,421	0,308	11,704	0,095	1,054
2	2,900	0,25	8,410	0,063	0,725
3	2,524	0,237	6,370	0,056	0,598
4	2,000	0,143	4,0	0,020	0,286
5	3,120	0,338	9,734	0,114	1,055
6	2,654	0,292	7,043	0,085	0,775
7	1,966	0,184	3,863	0,034	0,362
8	1,719	0,159	2,954	0,025	0,273
9	3,333	0,374	11,111	0,140	1,247
10	3,036	0,319	9,216	0,102	0,968
11	2,257	0,258	5,095	0,067	0,582
12	2,027	0,223	4,109	0,050	0,452
Total	30,956	3,085	83,608	0,851	8,377

3. Analisa Korelasi dan Koefisien Determinasi

- a. Analisis Korelasi

$$R = \frac{n \cdot \bar{x} \bar{y} - \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{n \cdot (\bar{x}^2) - (\bar{x})^2} \sqrt{n \cdot (\bar{y}^2) - (\bar{y})^2}}$$

$$R = \frac{12(8,377) - (30,956) \cdot (3,085)}{\sqrt{12 \cdot (83,608) - (30,956)^2} \sqrt{12 \cdot (0,851) - (3,085)^2}}$$

$$= 0,901$$

Nilai $R = 0,901$ menunjukkan bahwa perubah x (h_2/h_1) dan y (panjang loncat air) berkolasi linear yang positif dan tinggi.

b. Analisis Koefisien Deteminasi

$$\begin{aligned} R^2 &= R \times R \\ &= 0,905 \times 0,905 \\ &= 0,812 \end{aligned}$$

Nilai $R^2 = 82\%$ menunjukkan bahwa 82% proporsi keragaman nilai perubah y (panjang loncat air) dapat dijelaskan oleh nilai perubah x (h_2/h_1) melalui hubungan linear, sisanya, yaitu 18% dijelaskan oleh hal-hal lain.

4. Memasukkan angka-angka statistik dan membuat persamaan regresi.

a. Menghitung rumus b :

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \cdot \bar{X} \bar{Y} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{n \cdot \bar{X}^2 - (\bar{X})^2} \\ &= \frac{(12 \times 8,377) - (30,956 \times 3,085)}{(12 \times 83,608) - 30,956^2} \\ &= 0,1115 \end{aligned}$$

b. Menghitung rumus a :

$$\begin{aligned} a &= \frac{\bar{Y} - b \cdot \bar{X}}{n} \\ &= \frac{3,085 - (0,1152 \times 30,617)}{12} \\ &= -0,0306 \end{aligned}$$

5. Menulis persamaan regresi dengan rumus :

$$y = a + bx$$

$$y = -0,0306 + 0,1115 x, \text{ atau}$$

$$L_j = -0,0306 + 0,1115 (h_2/h_1)$$

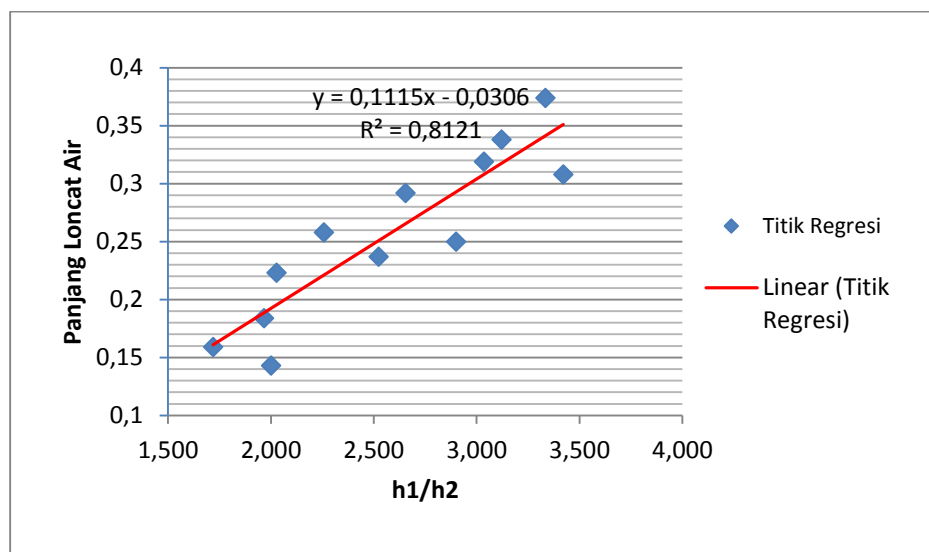
Jadi untuk menghitung panjang loncat air didapatkan persamaan, $L_j = -0,0306 + 0,1115 (h_2/h_1)$. Hasil perhitungan untuk panjang loncat air regresi dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Perhitungan Persamaan Regresi Untuk Mencari L_j

n	(h_2/h_1)	L_j (m)
1	3,421	0,351
2	2,900	0,293
3	2,524	0,251
4	2,000	0,192
5	3,120	0,317
6	2,654	0,265
7	1,966	0,189
8	1,719	0,161
9	3,333	0,341
10	3,036	0,308
11	2,257	0,221
12	2,027	0,195

6. Membuat Garis Regresi

Garis regresi berdasarkan persamaan linear yang telah dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Garis Regresi Panjang Loncat Air dan h_1/h_2

5.3. Pembahasan

5.3.1 Panjang Loncat Air Regresi Linear

Dari hasil analisis data diperoleh hubungan antara panjang loncat air laboratorium sebagai peubah (y), dengan ketinggian loncat air di awal (h_1) dibagi ketinggian loncat air di akhir (h_2) sebagai perubah (x). Hubungan yang diperoleh adalah berkorelasi dengan baik, hal ini bisa dilihat dari hasil analisis perhitungan angka korelasi (r) yang didapat sebesar 0,901, hasil yang didapat ini sangat baik karena angka yang didapatkan mendekati 1, dan hasil angka determinasi (r^2) yang didapat sebesar 81%, hal ini menunjukkan bahwa 81% proporsi keragaman nilai perubah y (panjang loncat air) dapat dijelaskan oleh nilai perubah $x = (h_2/h_1)$ melalui hubungan linear, sisanya, yaitu 19% dijelaskan oleh hal-hal lain. Dalam perhitungan analisis regresi didapatkan angka statistik a dan b untuk dimasukkan kedalam rumus persamaan regresi linear $y = a + bx$, angka statistik yang didapat adalah $a = -0,0306$ dan $b = 0,1115$, jadi persamaan yang didapat adalah $y = -0,0306 + 0,1115 x$, atau $y = -0,0306 + 0,1115 (h_2/h_1)$, jadi rumus persamaan yang didapat adalah $L_j = -0,0306 + 0,1115 (h_2/h_1)$.

5.3.2 Debit dan Karakteristik Aliran

Dalam penelitian ini ada tiga variasi debit yang dipakai, debit yang didapatkan pada hasil analisis perhitungan adalah $Q_1 = 0,00145 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_2 =$

0,00204 m³/s, dan $Q_3 = 0,00330$ m³/s. Pada kecepatan aliran pada loncat air dibagi menjadi dua yaitu kecepatan aliran di awal loncat air (v_1) dan kecepatan aliran di akhir loncat air (v_2). Kecepatan aliran yang terjadi lebih besar di awal loncat air (v_1) daripada kecepatan di akhir loncatan (v_2), hal ini karena air pada saat di awal loncatan dalam keadaan superkritis, pada kondisi ini terbentuk kondisi aliran yang berubah cepat. Setelah terjadinya loncat air, kecepatan di akhir loncatan (v_2) menjadi berkurang secara mendadak dan kedalaman aliran bertambah secara cepat. Hal ini dapat dilihat dari contoh hasil analisis perhitungan pada debit pertama (Q_1) = 0,00145 m³/s pada bangkitan pertama, kecepatan aliran air di awal loncatan (v_1) yang dihasilkan adalah 0,768 m/s, sedangkan kecepatan aliran air di akhir loncatan (v_2) yang dihasilkan adalah 0,225 m/s,. Untuk memudahkan pembahasan maka hasil kecepatan dan kehilangan energi akan disajikan pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil Kecepatan Aliran (v)

Debit	Bangkitan	Kecepatan (m/s)	
		v_1	v_2
Q_1	1	0,768	0,225
	2	0,730	0,252
	3	0,695	0,275
	4	0,635	0,317
Q_2	1	0,816	0,262
	2	0,785	0,296
	3	0,704	0,358
	4	0,638	0,371
Q_3	1	1,224	0,367
	2	1,181	0,389
	3	0,945	0,418
	4	0,893	0,441

Berdasarkan bilangan froude terdapat dua macam aliran yang terjadi, yaitu aliran subkritis ($Fr < 1$) dan aliran superkritis ($Fr > 1$). Aliran subkritis terjadi dibagian akhir setelah terjadi loncatan air, sedangkan aliran superkritis terjadi pada saat awal terjadi loncat air. Pada setiap debit debit Q_1 , Q_2 , dan Q_3 dengan variasi panjang kolam olak menghasilkan letak awal loncatan yang berbeda-beda. Besarnya kecepatan pada bagian hilir kolam olak cenderung lebih kecil dari pada kecepatan hulu kolam olak.

Hasil perhitungan angka froude pada awal loncatan dapat ditentukan bahwa sebagian besar tipe loncatan yang terjadi pada debit Q_1 dan Q_2 adalah loncatan air berombak yang $Fr = 1,0 - 1,7$ hal ini dapat dilihat dari perhitungan angka Fr yang nilainya antara 1,138 sampai 1,780. Loncatan ini ditunjukkan dengan loncat air yang terjadi hanya berupa deretan gelombang berombak di permukaan air. Pada debit Q_3 adalah loncatan air lemah yang $Fr = 1,7$ sampai 2,5 hal ini dapat dilihat dari perhitungan angka Fr yang nilainya antara 1,483 sampai 2,379. Loncatan ini ditunjukkan dengan gulungan ombak yang mulai pecah, dan akan timbul loncatan air yang lemah.

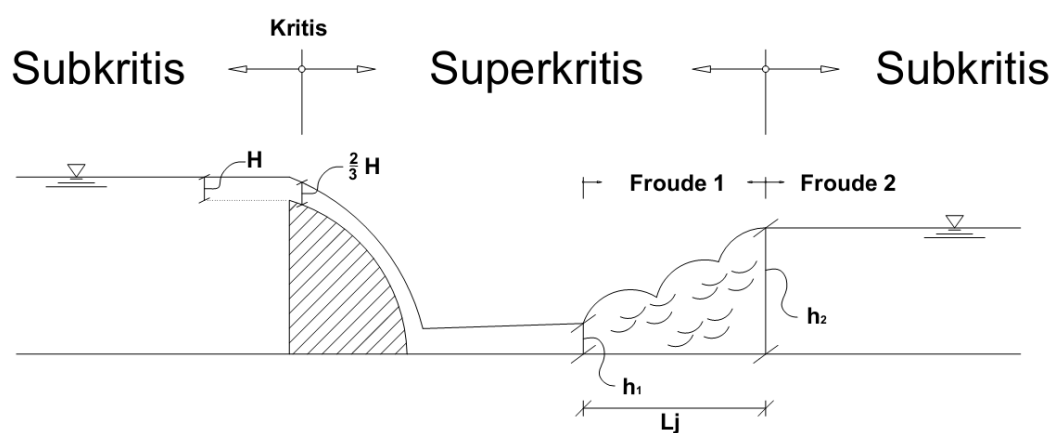
Pada bagian akhir loncatan tipe loncatan yang terjadi pada debit Q_1 , Q_2 , dan Q_3 angka froude yang terjadi relatif kecil yaitu $Fr < 1$ hal ini dapat dilihat dari perhitungan Angka Fr yang nilainya antara 0,281 sampai 0,514 sehingga hampir tidak terbentuk loncatan. Untuk memudahkan pembahasan maka hasil angka *Froude* dan gambar posisi aliran dan angka *froude* disajikan pada Tabel 5.20 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.20 Angka Froude dan Jenis Loncatan Pada Debit Loncat Air

Debit	Fr ₁	Aliran	Jenis Loncatan	Fr ₂	Aliran	Jenis Loncatan
Q_1	1,33-1,78	Superkritis	Berombak $Fr = (1-1,7)$	0,28-0,47	Subkritis	Tidak ada $Fr < 1$
Q_2	1,13-1,64	Superkritis	Berombak $Fr = (1-1,7)$	0,29-0,50	Subkritis	Tidak ada $Fr < 1$
Q_3	1,48 & 1,61	Superkritis	Berombak $Fr = (1,7-2,5)$	0,39-0,51	Subkritis	Tidak ada $Fr < 1$

Lanjutan Tabel 5.20 Angka Froude dan Jenis Loncatan Pada Debit Loncat Air

Debit	Fr ₁	Aliran	Jenis Loncatan	Fr ₂	Aliran	Jenis Loncatan
Q ₃	2,25 & 2,37	Superkritis	Lemah Fr = (1,7-2,5)	0,39-0,51	Subkritis	Tidak ada Fr < 1



Gambar 5.3 Gambar posisi aliran dan angka froude

5.3.3 Perbandingan Panjang Loncat Air

Untuk mengetahui apakah persamaan panjang loncat air studi sudah sesuai atau tidak, maka pada pembahasan ini dilakukan pengujian dengan menggunakan tabel penyimpangan rata-rata dan grafik pola sebaran untuk mengetahui hubungan atau membandingkan antara hasil persamaan panjang loncat air studi dengan panjang loncat air di laboratorium, dan hasil persamaan panjang loncat air menurut teori para ahli (Woyeski, Smetana, Silvester, dan USBR).

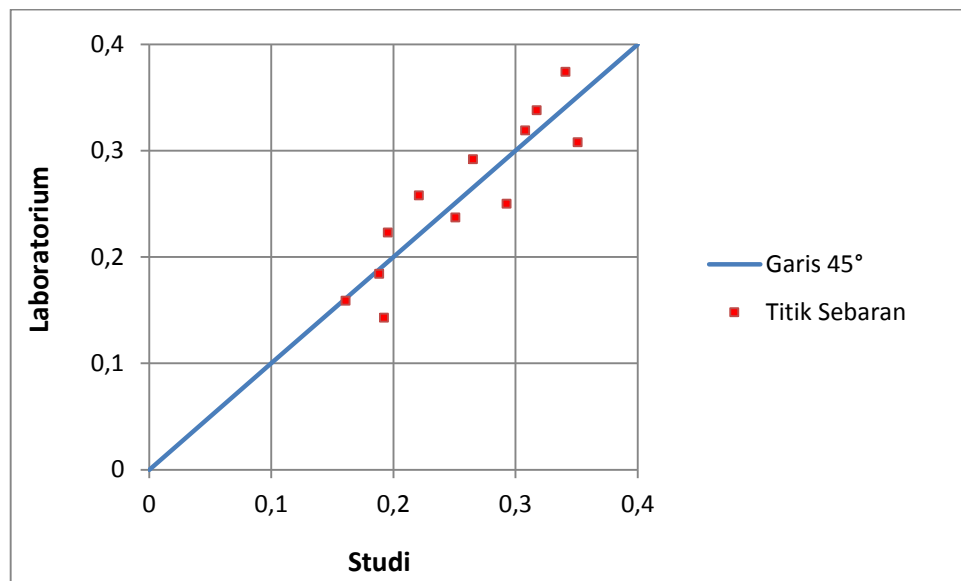
1. Hubungan Panjang Loncat Air Studi dengan Panjang Loncat Air Laboratorium

Berdasarkan Tabel 5.21 dan Gambar 5.4 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air studi dengan panjang loncat air laboratorium.

Tabel 5.21 Angka Penyimpangan antara Panjang Loncat Air Studi dengan Laboratorium

No	Data		L _j Studi	L _j Laboratorium	ΔL _j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
1	0,019	0,065	0,351	0,308	0,043	12,232
2	0,02	0,058	0,293	0,25	0,043	14,620
3	0,021	0,053	0,251	0,237	0,014	5,522
4	0,023	0,046	0,192	0,143	0,049	25,687
5	0,025	0,078	0,317	0,338	0,021	6,508
6	0,026	0,069	0,265	0,292	0,027	10,041
7	0,029	0,057	0,189	0,184	0,005	2,430
8	0,032	0,055	0,161	0,159	0,002	1,279
9	0,027	0,09	0,341	0,374	0,033	9,632
10	0,028	0,085	0,308	0,319	0,011	3,589
11	0,035	0,079	0,221	0,258	0,037	16,684
12	0,037	0,075	0,195	0,223	0,028	14,099
Penyimpangan rata-rata (%)						10,194

Berdasarkan Tabel 5.21 menunjukkan bahwa angka penyimpangan rata-rata yang terjadi antara panjang loncat air studi dengan panjang loncat air Laboratorium sebesar 10,194 %. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Laboratorium dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Laboratorium

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.4 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Laboratorium. Kurva yang terbentuk adalah pola linier karena titik sebaran mengikuti garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Laboratorium berkorelasi dengan baik.

2. Hubungan Panjang Loncat Air Studi dengan Panjang Loncat Air Teori

a. Woyeski

Berdasarkan Tabel 5.22 dan Gambar 5.5 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Woyeski.

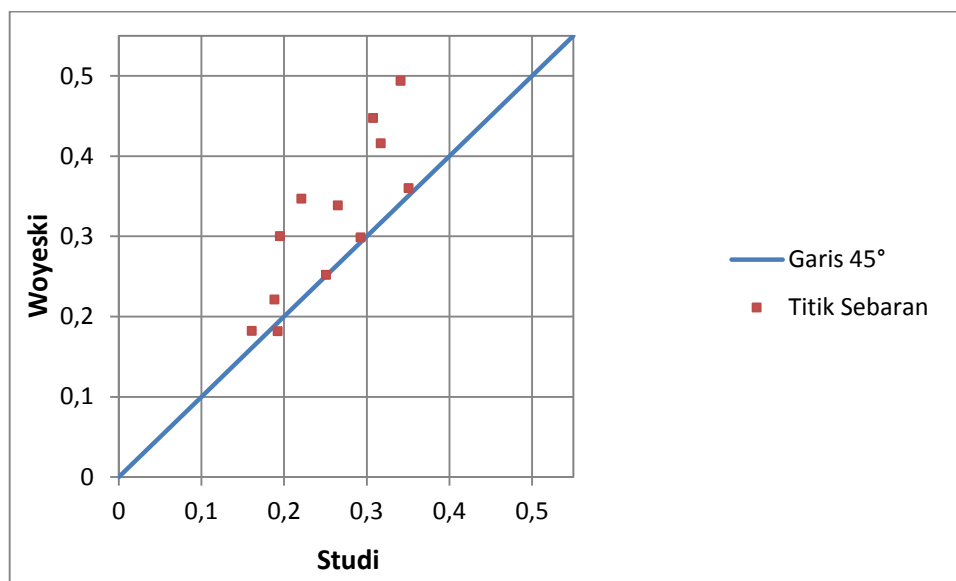
Tabel 5.22 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Woyeski

No	Data		L_j Studi	L_j Woyeski	ΔL_j	Penyimpangan %
	h_1	h_2				
1	0,019	0,065	0,351	0,360	0,009	2,624
2	0,02	0,058	0,293	0,298	0,006	1,940

Lanjutan Tabel 5.22 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Woyeski

No	Data		L _j Studi	L _j Woyeski	ΔL _j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
3	0,021	0,053	0,251	0,252	0,001	0,443
4	0,023	0,046	0,192	0,182	0,011	5,576
5	0,025	0,078	0,317	0,416	0,098	31,002
6	0,026	0,069	0,265	0,338	0,073	27,487
7	0,029	0,057	0,189	0,221	0,033	17,321
8	0,032	0,055	0,161	0,182	0,021	13,016
9	0,027	0,09	0,341	0,494	0,152	44,662
10	0,028	0,085	0,308	0,447	0,139	45,268
11	0,035	0,079	0,221	0,347	0,126	56,952
12	0,037	0,075	0,195	0,300	0,105	53,573
Penyimpangan rata-rata (%)						24,989

Berdasarkan Tabel 5.22 menunjukkan bahwa angka penyimpangan yang terjadi antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Woyeski sebesar 24,989%. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Woyeski dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Woyeski)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.5 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Woyeski. Kurva yang terbentuk adalah tidak pola linier karena pola titik sebaran tidak mengikuti garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Woyeski kurang berkorelasi dengan baik.

b. Smetana

Berdasarkan Tabel 5.23 dan Gambar 5.6 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Smetana.

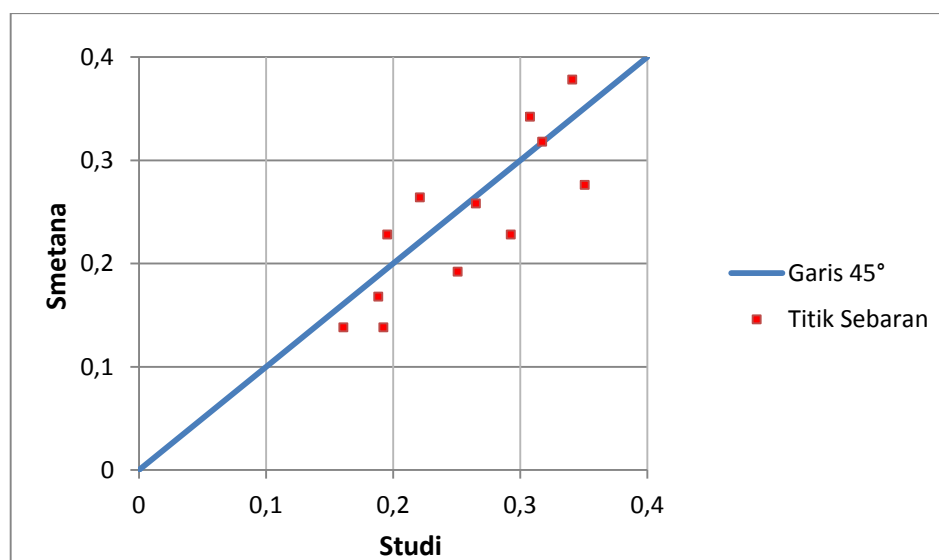
Tabel 5.23 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Smetana

No	Data		L_j Studi	L_j Smetana	ΔL_j	Penyimpangan %
	h_1	h_2				
1	0,019	0,065	0,351	0,276	0,075	21,351
2	0,020	0,058	0,293	0,228	0,065	22,134
3	0,021	0,053	0,251	0,192	0,059	23,461
4	0,023	0,046	0,192	0,138	0,054	28,285
5	0,025	0,078	0,317	0,318	0,001	0,206

Tabel 5.23 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Smetana

No	Data		L _j Studi	L _j Smetana	ΔL_j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
6	0,026	0,069	0,265	0,258	0,007	2,772
7	0,029	0,057	0,189	0,168	0,021	10,915
8	0,032	0,055	0,161	0,138	0,023	14,318
9	0,027	0,090	0,341	0,378	0,037	10,805
10	0,028	0,085	0,308	0,342	0,034	11,058
11	0,035	0,079	0,221	0,264	0,043	19,398
12	0,037	0,075	0,195	0,228	0,033	16,658
Penyimpangan rata-rata (%)						15,113

Berdasarkan Tabel 5.23 menunjukkan bahwa angka penyimpangan yang terjadi antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Smetana sebesar 15,113 %. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Smetana dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Smetana)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.6 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Smetana. Kurva yang terbentuk adalah pola linier karena titik sebaran mengikuti garis garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Smetana berkorelasi dengan baik.

c. Silvester

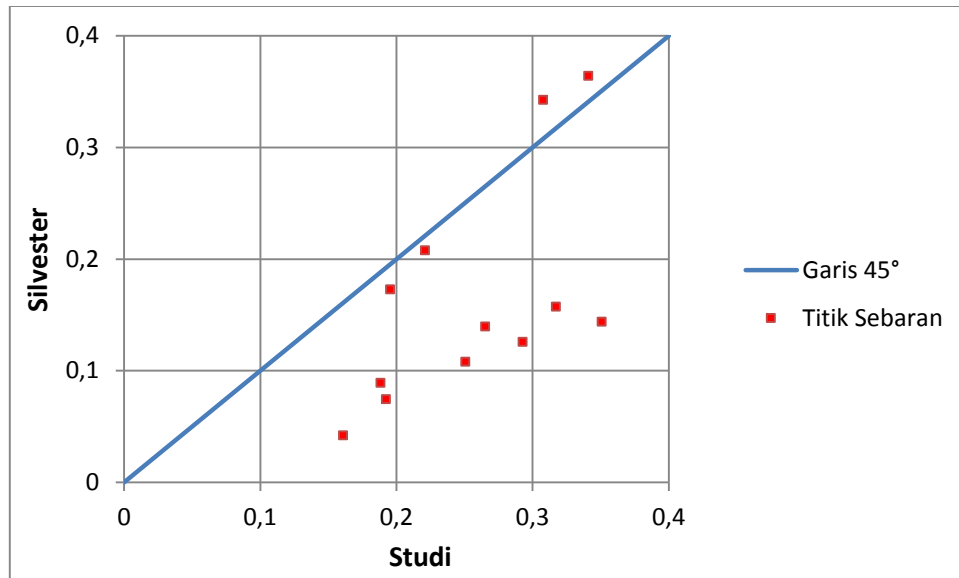
Berdasarkan Tabel 5.24 dan Gambar 5.7 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Silvester.

Tabel 5.24 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan Silvester

No	Data		L_j Studi	L_j Silvester	ΔL_j	Penyimpangan %
	h_1	h_2				
1	0,019	0,065	0,351	0,144	0,207	58,943
2	0,02	0,058	0,293	0,126	0,167	57,039
3	0,021	0,053	0,251	0,108	0,143	56,883
4	0,023	0,046	0,192	0,075	0,118	61,241
5	0,025	0,078	0,317	0,157	0,160	50,413
6	0,026	0,069	0,265	0,140	0,126	47,367
7	0,029	0,057	0,189	0,089	0,099	52,656
8	0,032	0,055	0,161	0,042	0,119	73,740
9	0,027	0,09	0,341	0,364	0,023	6,757
10	0,028	0,085	0,308	0,343	0,035	11,304
11	0,035	0,079	0,221	0,208	0,013	6,025
12	0,037	0,075	0,195	0,173	0,022	11,497
Penyimpangan rata-rata (%)						41,155

Berdasarkan Tabel 5.24 menunjukkan bahwa angka penyimpangan yang terjadi antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Silvester

sebesar 41,155%. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Silvester dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (Silvester)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.7 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Silvester. Kurva yang terbentuk adalah tidak pola linier karena pola titik sebaran tidak mengikuti garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air Silvester tidak berkolasi dengan baik.

d. USBR Min

Berdasarkan Tabel 5.25 dan Gambar 5.8 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air studi dengan panjang loncat air USBR Min.

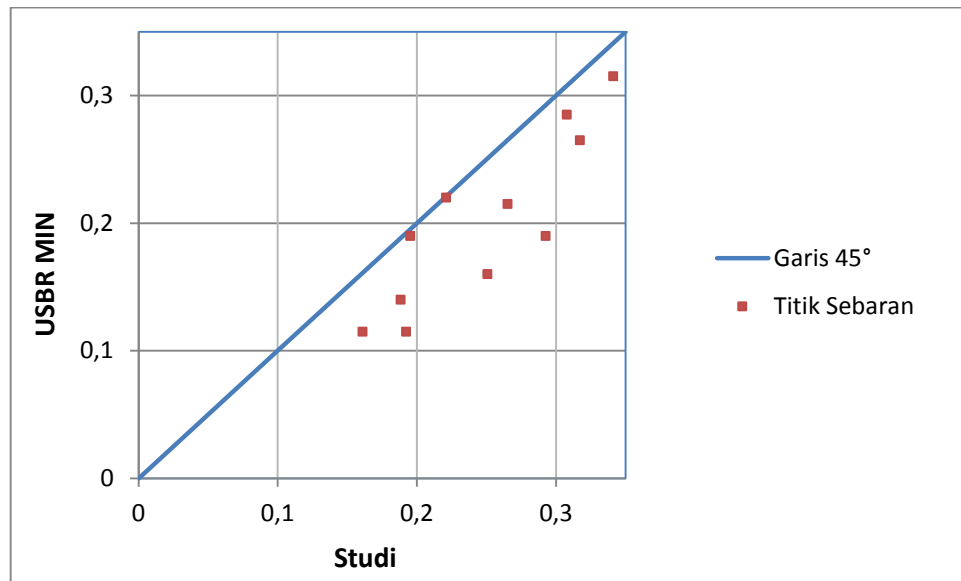
Tabel 5.25 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan USBR Min

No	Data		L_j Studi	L_j USBR Min	ΔL_j	Penyimpangan %
	h_1	h_2				
1	0,019	0,065	0,351	0,230	0,121	34,459

Lanjutan Tabel 5.25 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Studi dengan USBR Min

No	Data		L _j Studi	L _j USBR Min	ΔL _j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
2	0,020	0,058	0,293	0,190	0,103	35,111
3	0,021	0,053	0,251	0,160	0,091	36,217
4	0,023	0,046	0,192	0,115	0,077	40,238
5	0,025	0,078	0,317	0,265	0,052	16,495
6	0,026	0,069	0,265	0,215	0,050	18,976
7	0,029	0,057	0,189	0,140	0,049	25,762
8	0,032	0,055	0,161	0,115	0,046	28,598
9	0,027	0,090	0,341	0,315	0,026	7,663
10	0,028	0,085	0,308	0,285	0,023	7,451
11	0,035	0,079	0,221	0,220	0,001	0,502
12	0,037	0,075	0,195	0,190	0,005	2,785
Penyimpangan rata-rata (%)						21,188

Berdasarkan Tabel 5.25 menunjukkan bahwa angka penyimpangan yang terjadi antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Min sebesar 21,188%. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Min dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Regresi dengan Teori (USBR Min)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.8 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Min. Kurva yang terbentuk adalah tidak pola linier karena pola titik sebaran tidak mengikuti garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Min tidak berkolesi dengan baik.

e. USBR Max

Berdasarkan Tabel 5.26 dan Gambar 5.9 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Max.

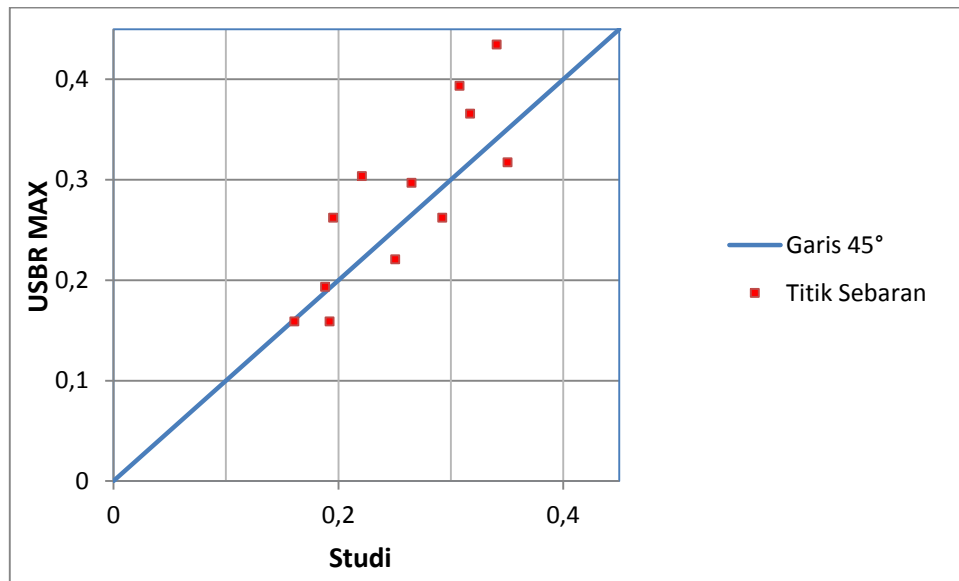
Tabel 5.26 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air Regresi dengan USBR Max

No	Data		L _j Studi	L _j USBR Max	ΔL _j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
1	0,019	0,065	0,351	0,317	0,034	9,553
2	0,020	0,058	0,293	0,262	0,031	10,454
3	0,021	0,053	0,251	0,221	0,030	11,980

**Lanjutan Tabel 5.26 Angka Penyimpangan Antara Panjang Loncat Air
Regresi dengan USBR Max**

No	Data		L _j Studi	L _j USBR Min	ΔL _j	Penyimpangan %
	h ₁	h ₂				
4	0,023	0,046	0,192	0,159	0,034	17,528
5	0,025	0,078	0,317	0,366	0,048	15,237
6	0,026	0,069	0,265	0,297	0,031	11,812
7	0,029	0,057	0,189	0,193	0,005	2,448
8	0,032	0,055	0,161	0,159	0,002	1,465
9	0,027	0,090	0,341	0,435	0,094	27,425
10	0,028	0,085	0,308	0,393	0,085	27,717
11	0,035	0,079	0,221	0,304	0,082	37,308
12	0,037	0,075	0,195	0,262	0,067	34,156
Penyimpangan rata-rata (%)						17,257

Berdasarkan Tabel 5.26 menunjukkan bahwa angka penyimpangan yang terjadi antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Max sebesar 17,257%. Grafik perbandingan hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Max dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik Perbandingan Panjang Loncat Air Studi dengan Teori (USBR Max)

Berdasarkan grafik dalam Gambar 5.9 dapat dilihat hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Max. Kurva yang terbentuk adalah pola linier karena titik sebaran mengikuti garis 45° dengan sumbu x, sehingga hubungan antara panjang loncat air Studi dengan panjang loncat air USBR Max berkorelasi dengan baik.

5.3.4 Rekapitulai Hasil Perbandingan Panjang Loncat Air

Dari hasil tabel dan grafik pembahasan perbandingan panjang loncat air didapatkan hasil persentase penyimpangan dan pola sebaran titik terhadap garis linear. Rekapitulasi hasil pembahasan perbandingan panjang loncat air dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.27 Rekapitulai Hasil Perbandingan Panjang Loncat Air

Panjang Loncat Air	Persentase Penyimpangan %	Pola Titik Sebaran
Laboratorium	10,299	Mengikuti Garis Linear 45°
Woyeski	25,231	Tidak Mengikuti Garis Linear 45°

Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Perbandingan Panjang Loncat Air

Panjang Loncat Air	Persentase Penyimpangan %	Pola Titik Sebaran
Smetana	15,853	Mengikuti Garis Linear 45°
Silvester	41,340	Tidak Mengikuti Garis Linear 45°
USBR Min	21,755	Tidak Mengikuti Garis Linear 45°
USBR Max	17,499	Mengikuti Garis Linear 45°

Dari hasil rekapitulasi, panjang loncat air yang mendekati hasil studi adalah panjang loncat air Laboratorium dan panjang loncat air teori menurut Smetana dan USBR Max, karena angka persentase penyimpangan rata-ratanya relatif kecil dan pola titik sebaran mengikuti garis linear 45° atau mendekati garis linear 45°.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian di laboratorium dan setelah melaksanakan analisis dan pembahasan, maka kesimpulan yang didapat dari tugas akhir ini adalah.

1. Persamaan yang digunakan dalam menghitung panjang loncat air adalah dengan menggunakan analisis regresi linear dengan rumus persamaan $L_j = -0,0306 + 0,1115 (h_2/h_1)$.
2. Dari hasil analisis dan pembahasan, hasil analisis persamaan panjang loncat air yang mendekati dengan studi adalah panjang loncat air di laboratorium dan panjang loncat air teori menurut Smetana dan USBR Max. Hal ini dibuktikan dengan persentase angka penyimpangan panjang loncat air laboratorium sebesar 10,299 %, dan grafik perbandingan membentuk pola linear karena titik sebaran mengikuti garis linear. Untuk perbandingan panjang loncat air studi dengan panjang loncat teori, hasil persentase angka penyimpangan yang didapat sebesar 15,853 %, dan 17,499%, dan grafik perbandingan membentuk pola linear karena titik sebaran mengikuti garis linear. Sedangkan untuk teori Woyeski, Silvester, dan USBR min hasil yang didapat tidak mendekati dengan panjang loncat air studi, prosentase angka penyimpangan yang didapatkan adalah untuk Woyeski 25,231 %, Silvester 41,340 %, dan USBR min 21,755%, sedangkan grafik perbandingan membentuk pola yang tidak linear karena titik sebaran tidak mengikuti garis linear.
3. Perhitungan panjang loncat air dengan persamaan regresi linear bisa diterima untuk perhitungan panjang loncat air, dengan pertimbangan perlu penelitian lebih lanjut.

6.2 Saran

Berdasarkan pengalaman penyusun selama melaksanakan penelitian di laboratorium, terdapat beberapa kendala yang juga menjadi saran untuk penelitian yang selanjutnya. Saran yang bisa diberikan pada penelitian ini adalah.

1. Variasi pada model penampang bendung diperbanyak sehingga dapat terlihat jelas perbedaan dalam pengambilan data lapangan dan analisis perhitungan.
2. Pada variasi bangkitan pada hilir saluran *flume* seharusnya ada parameter kemiringannya untuk memudahkan dalam pengambilan data lapangan dan penamaan variasi.
3. Output aliran pada saluran yang menuju bak penampungan kurang stabil akibatnya sering terjadi gelombang khususnya pada saat awal aliran masuk ke bak penampungan, hal menyulitkan pembacaan volume pada tiap interval yang telah ditentukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji,I.S. dan Darmadi, K. 2007. Penelitian Eksperimental Karakteristik Loncatan Hidrolik Pada Pintu Air. *Majalah Ilmiah UKRIM*. Edisi 1. Thn. XII. Yogyakarta
- Aji,I.S. dan Maraden, S. 2008. Loncatan Air Pada Saluran Miring Terbuka dengan Variasi Panjang Kolam Olakan. *Majalah Ilmiah UKRIM*. Edisi 2,Thn. XIII. Yogyakarta.
- Albas, J. dan Permana, S. 2016. Kajian Pengaruh Tinggi Bukaannya Pintu Air Tegak (*Sluiceway*) Terhadap Bilangan Froude, *Jurnal Konstruksi*, Vol.14 No.1, STT, Garut.
- Anggraini. 2005. *Hidrolika Saluran Terbuka*,Srikandi. Surabaya.
- Aswar. 2016. Pengaruh Bentuk dan Kemiringan Hilir Bangunan Ukur Debit Terhadap Koefisien Debit. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Binilang, A. 2014. Perilaku Hubungan Antar Parameter Hidrolika Air Loncat Melalui Pintu Sorong Pada Saluran Terbuka. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*. Vol 4 No.1. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Chow,V.T. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*,Erlangga. Jakarta.
- Nashir, P. 2012. Regresi Linear Sederhana. (Online)
(<http://putrinashir.blogspot.com/2012/04/regresi-linear-sederhana.html>.
Diakses tanggal 8 Juni 2017)
- Nurjanah, R.A.D. 2014. Analisis Tinggi dan Panjang Loncat Air Pada Bangunan Ukur Berbentuk Setengah Lingkaran. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol 2 No.3. Universitas Sriwijaya. Sumatra Selatan.

- Phuny,W.F. 2012. Analisis Regresi dan Korelasi Linear Sederhana. (Online). (http://phunycute.blogspot.co.id/2012/12/analisis-regresi-dan-korelasi-linear_4619.html. Diakses tanggal 8 Juni 2017)
- Pratama, P. 2015. Regresi Linear Sederhana dan Linear Berganda. (Online). (https://prezi.com/asyg8_zpmvs-/regresi-linier-sederhana-dan-linier-berganda.html. Diakses tanggal 8 Juni 2017).
- Pudyono. 2013. Penentuan Kedalaman dan Pola Gerusan Akibat Aliran Superkritik di Hilir Pintu Air Menggunakan End Sill dan Baffle Block dengan Simulasi Model Integrasi Numerik. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol.7 No.2. Universitas Brawijaya. Malang.
- Triadmodjo, B. 2008.,*Hidraulika II*. Beta Offsed. Yogyakarta
- Yusuf, M. dan Wibowo, G.D. 2013. Pengaruh Pelimpah Bertangga Tipe Akar Terpotong Terhadap Panjang Loncat Air dan Kehilangan Energi Pada Kolam Olak. *InternationalConference on Infrastructure Development*. UMS. Surakarta.
- Nurrizal, D.S. 2015. Pengaruh Penempatan Baffle Blocks Tipe Cekung Setengah Lingkaran Dan Parabolik Pada Bendung Dengan Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket Terhadap Panjang Loncat Air Dan Kehilangan Energi. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). UMS. Surakarta