

SKRIPSI

**PENGARUH BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE TERHADAP
PERUBAHAN KARAKTERISTIK ALIRAN
(UJI MODEL LABORATORIUM)**



Disusun dan diajukan oleh:

**HAMZAH
105 81 2081 14**

**ABD KADIR JAELANI
105 81 1963 13**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2018**

SKRIPSI

**PENGARUH BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE TERHADAP
PERUBAHAN KARAKTERISTIK ALIRAN
(UJI MODEL LABORATORIUM)**

*Diajukan untuk memenuhi syarat guna memperoleh gelar sarjana teknik sipil
fakultas teknik universitas muhammadiyah makassar*

Disusun dan diajukan oleh:

**HAMZAH
105 81 2081 14**

**ABD KADIR JAELANI
105 81 1963 13**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2018



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Hamzah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2081 14 dan Abd. Kadir Jaelani dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1863 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 6 Juni 2018

Makassar, 21 Ramadhan 1439 H
6 Juni 2018 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abd. Rahman rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, MT

b. Sekertaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Nenny, ST., MT

2. Ir. Mahmuddin, ST., MT

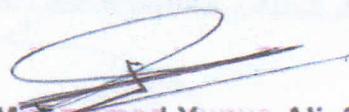
3. Amrullah Mansida, ST., MT

Mengetahui :

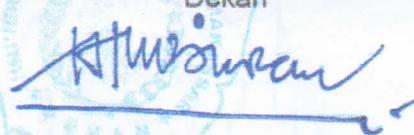
Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT


Dr. Muhammad Yunus Ali, ST., MT

Dekan


Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.

NBM : 855 500



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **PENGARUH BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE TERHADAP PERUBAHAN KARAKTERISTIK ALIRAN (UJI MODEL LABORATORIUM)**

Nama : HAMZAH
ABD. KADIR JAELANI

Stambuk : 105 81 2081 14
105 81 1863 13

Makassar, 6 Juni 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

Dr. Muhammad Yunus Ali, ST., MT

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT

NBM : 975 288

PENGARUH BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE TERHADAP PERUBAHAN KARAKTERISTIK ALIRAN (UJI MODEL LABORATORIUM)

Hamzah¹ dan Abd. Kadir Jaelani²

¹Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Email : hamzahunismuh@gmail.com

² Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar
Email : andikadhier93@gmail.com

ABSTRAK

Pengaruh bangunan pelimpah tipe ogee terhadap perubahan karakteristik aliran dibimbing oleh Ratna Musa dan Muhammad Yunus Ali. Bangunan pelimpah atau yang biasa disebut dengan *spillway* (aliran pelimpah), menurut *Civil Engineering Dictionary* adalah struktur yang dikonstruksi untuk mengalirkan air banjir yang tumpah dari bendungan ke hilir atau sungai tempat dimana bendungan dibangun, dengan debit yang aman. Fungsi dari pelimpah ini selain itu adalah membuat bendungan tidak mudah rusak karena memiliki jalur tempat air dapat keluar. Energi spesifik adalah energi relatif terhadap dasar saluran. Prinsip energi yang diturunkan untuk aliran melalui pipa dapat juga digunakan untuk aliran melalui saluran terbuka. Energi yang terkandung dalam satu satuan berat air yang mengalir didalam saluran terbuka terdiri dari tiga bentuk yaitu energi kinetik, energi tekanan, dan energi elevasi diatas garis referensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bangunan pelimpah tipe ogee terhadap perubahan karakteristik aliran dan perubahan energi spesifik terhadap bangunan pelimpah tipe ogee. Berdasarkan pada pengukuran dan perhitungan menggunakan tiga variasi debit yaitu 0.0015 m³/det, 0.0020 m³/det, dan 0.0025 m³/det, pada bagian hulu alirannya merupakan aliran sub kritis ($Fr < 1$), pada saat diatas bangunan pelimpah alirannya berubah menjadi aliran kritis ($Fr = 1$), dan pada saat melewati bangunan pelimpah alirannya merupakan aliran super kritis ($Fr > 1$). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa energi spesifik sangat berpengaruh terhadap besarnya kecepatan dan tinggi muka air yang terjadi.

Kata Kunci : Pelimpah tipe ogee, Karakteristik Aliran, Energi Spesifik

ABSTRACT

The influence of ogee-type overflow building on changes in flow characteristics is guided by Ratna Musa and Muhammad Yunus Ali. Abandoned buildings or commonly called spillways, according to the Civil Engineering Dictionary are structures constructed to drain spilled water from the dam downstream or river where the dam is built, with safe discharge. The function of this overflow other than that is to make the dam is not easily damaged because it has a pathway where water can come out. The specific energy is energy relative to the bottom of the channel. The principle of energy derived for flow through pipes can also be used for flow through open channels. The energy contained in one unit of water weight flowing in an open channel consists of three forms: kinetic energy, pressure energy, and elevation energy above the reference line. This study aims to determine the influence of ogee-type overflow buildings on changes in flow characteristics and specific energy changes to ogee-type oak buildings. Based on the measurements and calculations using three variations of the discharge of 0.0015 m³ / s, 0.0020 m³ / s, and 0.0025 m³ / s, the upstream flow is a sub-critical stream ($Fr < 1$), when the overflow building is changed into a critical stream ($Fr = 1$), and as it passes through its overflow building it is a super critical stream ($Fr > 1$). The results also indicate that the specific energy is very influential on the amount of speed and water level that occur.

Keywords : Ogee Weir Type, Flow Characteristics, Specific Energy

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “PENGARUH BANGUNAN PELIMPAH TIPE OGEE TERHADAP PERUBAHAN KARAKTERISTIK ALIRAN (UJI MODEL LABORATORIUM)”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kekhilafan baik itu dari segi teknis penulisan. Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna penyempurnaan tulisan ini agar kelak dapat lebih bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. H. Rahman Rahim, SE., MM sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST.,MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Bapak Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT sebagai Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ibu Dr .Ir .Hj. Ratna Musa, ST., MT. selaku Pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya skripsi ini .
6. Bapak Dr. Muh. Yunus Ali, ST., MT selaku pembimbing II, yang juga telah banyak meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan pengarahan sehingga terwujudnya skripsi ini dimana pun beliau berada.
7. Bapak dan Ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
8. Kedua orang tua kami yang tak hentinya selalu memberikan dukungan moril, maupun material, doa kepada kami.
9. Kak Syam Sunniati, ST selalu memberikan kami semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Kak Amir, Ahmad, Rusdi Rahmat beserta adik saya Agung selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Nur Medinah A. yang selalu ada disaat penulis dalam keadaan susah maupun senang memberikan semangat dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Pasukan Base Camp yang selalu menghibur dalam keadaan susah dan mengingatkan dikala lupa akan kewajiban kita sebagai manusia.

13. D`Limit Comeback (DLC Squad) yang selalu menemani begadang sampai pagi demi terselesaikannya skripsi ini.
14. Saudara-saudaraku Till Jannah (Darna Darwis, Mala Indah, Ali Akbar Akib, Abd. Kadir, Fatmawati Agus Salim) meskipun jarang ngumpul tetapi dengan support dan doa mereka sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
15. Keluarga besar Teknik Sipil B 2104, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa, dorongan dan pengorbanannya dalam penyelesaian skripsi ini.
16. Team Ogee yang tak kenal lelah selalu bekerja, memberi dukungan semangat dan motivasi dalam keadaan apapun.
17. Saudara-saudaraku di Fakultas Teknik Vektor 2014 yang dengan rasa persaudaraan yang tinggi membantu dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan proposal penelitian yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan-rekan, masyarakat serta bangsa dan negara. Amin.

Makassar, 06 Juni 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI SINGKATAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah	5
E. Manfaat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Saluran Terbuka	7
B. Aliran pada Saluran Terbuka	8
C. Penampang Saluran	12
D. Parameter Hidrolis Kecepatan dan Debit	14
E. Pelimpah	16
F. Energi Spesifik (<i>Specific Energy</i>)	19
G. Skala Model	22
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	25
A. Tempat dan Waktu Penelitian	25
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data	25

C. Desain Penelitian	26
D. Variabel Penelitian	27
E. Prosedur Penelitian	28
F. Flow Chart Penelitian	30
BAB IV. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A. Analisa Koefisien Debit (Cd) Pada Pelimpah Oge	31
B. Ketinggian Air	32
C. Luas Penampang	39
D. Kecepatan Aliran	45
E. Bilangan Froude	53
F. Energi Spesifik	63
G. Kehilangan Energi	70
BAB V. PENUTUP	76
A. Kesimpulan	76
B. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Harga-harga K dan n berbagai kemiringan hilir	17
Tabel 2. Perhitungan koefisien debit volume $0,01 \text{ m}^3$	31
Tabel 3. Tinggi muka air pada daerah hulu dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,0020 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$	32
Tabel 4. Tinggi muka air pada saat diatas bangunan dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,0020 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$	33
Tabel 5. Tinggi muka air pada saat melewati bangunan dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$	34
Tabel 6. Tinggi muka air pada saat melewati bangunan dengan debit $0,0020 \text{ m}^3/\text{det}$	35
Tabel 7. Tinggi muka air pada saat melewati bangunan dengan debit $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$	36
Tabel 8. Tinggi muka air pada daerah hilir dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,0020 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$	37
Tabel 9. Luas penampang pada berbagai jarak dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $0,0020 \text{ m}^3/\text{dtk}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$	39
Tabel 10. Hasil perhitungan luas penampang pada saat diatas bangunan dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,0020 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$	40

Tabel 11. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit 0,0015 m ³ /det	41
Tabel 12. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit 0,002 m ³ /det	42
Tabel 13. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit 0,0025 m ³ /det	43
Tabel 14. Hasil perhitungan luas penampang pada daerah hilir dengan debit 0,0015 m ³ /det, 0,002 m ³ /det dan 0,0025 m ³ /det	44
Tabel 15. Kecepatan aliran didaerah hulu menggunakan pelampung	46
Tabel 16. Hasil perhitungan kecepatan pada bangunan dengan debit 0,0015 m ³ /det, 0,0020 m ³ /det, dan 0,0025 m ³ /det	47
Tabel 17. Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0015 m ³ /det	49
Tabel 18. Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0020 m ³ /det	50
Tabel 19. Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0025 m ³ /det	51
Tabel 20. Perhitungan kecepatan aliran pada daerah hilir dengan jarak dan tinggi muka air	53
Tabel 21. Hasil perhitungan bilangan froude pada daerah hulu	54

Tabel 22. Hasil perhitungan bilangan froude diatas bangunan pada debit 0,0015 m ³ /det, 0,0020 m ³ /det, dan 0,0025 m ³ /det	55
Tabel 23. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,0015 m ³ /det	57
Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,002 m ³ /det	58
Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,0025 m ³ /det	59
Tabel 26. Hasil perhitungan bilangan froude pada daerah hilir dengan debit 0,0015 m ³ /det, 0,0020 m ³ /det, 0,0025 m ³ /det	62
Tabel 27. Hasil perhitungan energi spesifik pada daerah hulu	63
Tabel 28. Hasil perhitungan energi spesifik diatas bangunan pada debit 0,0015 m ³ /det, 0,0020 m ³ /det, dan 0,0025 m ³ /det	65
Tabel 29. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,0015 m ³ /det	66
Tabel 30. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,0020 m ³ /det	67
Tabel 31. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,0025 m ³ /det	68
Tabel 32. Kehilangan energi pada bagian hulu dan hilir	71
Tabel 33. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.0015 m ³ /det	72

Tabel 34. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.0020

m³/det 73

Tabel 35. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.0025

m³/det 74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk-bentuk Pelimpah tipe ogee (KP-02).....	18
Gambar 2. Parameter energi spesifik (Robert.J.K. (2002))	21
Gambar 3. Denah alat penelitian	26
Gambar 4. Profil alat penelitian.....	27
Gambar 5. Pelimpah tipe ogee.....	27
Gambar 6. Flow chart Penelitian	30
Gambar 7. Profil aliran air pada debit 0,0015 m ³ /dtk, 0,002 m ³ /dtk, 0,0025 m ³ /dtk.....	38
Gambar 8. Hubungan antara kecepatan dan Tinggi muka air pada daerah hulu.	46
Gambar 9. Hubungan antara kecepatan dan Tinggi muka air pada daerah setelah bangunan.....	52
Gambar 10. Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah hulu.....	54
Gambar 11. Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah setelah melewati bangunan.	61
Gambar 12. Hubungan antara kecepatan dan energi spesifik pada daerah hulu.....	64
Gambar 13. Hubungan antara kecepatan dan energi spesifik pada daerah setelah melewati pelimpah	69

DAFTAR NOTASI SINGKATAN

V	= Kecepatan aliran
A	= Luas penampang
b	= Lebar dasar saluran
w	= Tinggi jagaan saluran
P	= Keliling basah saluran
R	= Jari-jari hidrolis
L	= Panjang karakteristik
E	= Energi spesifik
Fr	= Bilangan Froude
H	= Tinggi energy
h	= Tinggi muka air
g	= Kecepatan gravitasi
Cd	= koefisien debit
Q	= Debit
q	= Debit per satuan lebar

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air yang ada dipermukaan bumi ini memiliki peranan yang sangat penting bagi makhluk hidup baik itu tumbuhan, hewan terutama manusia karena sebagian besar dari komponen penyusun makhluk hidup terdiri dari air. Agar tenaga air yang dihasilkan maksimal dan teralirkan dengan baik, maka memerlukan suatu perencanaan teknis yang baik pula. Dalam peningkatan pelestarian dan keseimbangan lingkungan hidup perlu pengelolaan sumber daya air yang baik dengan melakukan penghijauan, perkuatan lereng, membuat bendungan, bendung, embung dan konstruksi bangunan air lainnya.

Dalam bidang ilmu Hidrolika dikenal dua macam aliran, yaitu aliran saluran terbuka dan aliran saluran tertutup. Aliran saluran tertutup 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 disepanjang saluran tekanan dipermukaan air adalah sama, yaitu tekanan atmosfer. Aliran yang tidak penuh didalam pipa juga dikategorikan sebagai aliran saluran terbuka. Pada saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), Parameter saluran sangat tidak teratur baik terhadap ruang

dan waktu. Parameter tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, pembendungan, debit aliran dan sebagainya.

Ada berbagai macam aliran air, air dapat mengalir secara beraturan dan juga dapat mengalir secara tidak beraturan. Suatu aliran dalam saluran dapat mengalami percepatan aliran dari aliran subkritis ke kritis dan ke superkritis, lalu kembali ke aliran subkritis melalui semacam kejut-normal yang disebut loncatan hidrolik air. Proses loncatan hidrolik air ini sering kali digunakan untuk meredam sebagian besar energi yang terjadi, selain itu loncatan hidrolik air juga dapat digunakan untuk menaikkan tinggi muka air dibagian hilir dan juga untuk menyediakan kebutuhan tinggi tekanan pengaliran kedalam suatu saluran.

Ketidakteraturan tersebut mengakibatkan analisis aliran sangat sulit untuk diselesaikan secara analitis. Pembendungan pada saluran merupakan suatu peralihan yang berfungsi untuk mengetahui tinggi permukaan air di sepanjang saluran, sifat-sifat aliran yang dalam hal ini adalah aliran yang cenderung berubah-ubah dan juga aliran yang konstan.

Saluran terbuka meliputi saluran buatan yang dibuat khusus dengan pemanfaatannya. Salah satu bangunan air yang sering kita jumpai yaitu bangunan pelimpah. Pelimpah digunakan untuk mengalirkan kelebihan air serta sebagai pengendali banjir dan pada saat kondisi normal digunakan untuk mengeluarkan air secara teratur untuk digunakan pada berbagai

keperluan seperti pembangkit listrik, suplai air, kebutuhan irigasi dan lain-lain.

Karakteristik aliran yang melewati pelimpah akan tergantung kepada bentuk dan sifat pelimpah itu sendiri. Untuk kepentingan perencanaan bangunan-bangunan air seperti bendungan, atau bangunan air yang lain maka perihal karakteristik sebagaimana tersebut di atas menjadi sangat penting. Hal ini akan menentukan tipe bangunan yang akan dipilih sesuai kebutuhannya.

Pengkajian tentang karakteristik aliran terhadap pengaruh pelimpah dapat dilakukan melalui suatu penelitian laboratorium terhadap aliran melalui saluran terbuka berukuran kecil yang melewati suatu model bangunan pelimpah. Melalui hasil penelitian tentang fenomena aliran, maka menjadi suatu langkah awal untuk mengembangkannya secara lebih lanjut terhadap bangunan-bangunan yang bersifat prototipe yang dapat merupakan langkah aktual bagi upaya perencanaan, dimana parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut dapat diterapkan dalam perencanaan di lapangan. Hal ini tentunya membutuhkan upaya yang detail dan ditunjang dengan peralatan yang cukup.

Sifat suatu aliran yang melewati (sebelum, sedang, dan sesudah) bangunan pelimpah memiliki kecenderungan tersendiri sesuai jenis dan bentuk bangunan pelimpah itu sendiri. Perbedaan-perbedaan yang terjadi tentu saja membutuhkan pengkajian untuk mendapatkan pemahaman

terhadap antara lain hubungan antara masing-masing parameter, serta sifat dari profil aliran, agar tidak terjadi kesalahan dalam perencanaan.

Hal tersebut diatas menjadi acuan kami untuk melakukan penelitian yang membahas tentang bagaimana pengaruh debit konstan dan debit bervariasi pada bangunan pelimpah yang Tipe Ogee. Adapun judul penelitian ini yaitu **“Pengaruh bangunan pelimpah tipe ogee terhadap perubahan karakteristik aliran (uji model laboratorium)”**

B. Rumusan Masalah

Dari pembahasan diatas maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh karakteristik aliran terhadap bangunan pelimpah tipe ogee ?
2. Bagaimana perubahan energi spesifik pada bangunan pelimpah tipe ogee ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dilakukan penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh karakteristik aliran terhadap bangunan pelimpah tipe ogee.
2. Untuk mengetahui perubahan energi spesifik pada bangunan pelimpah tipe ogee.

D. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi pada aliran yang melalui suatu bangunan pelimpah tipe ogee 1 : 3 pada uji laboratorium hidrolika yang dimana penentuan debitnya dibagi menjadi tiga macam debit bervariasi sehingga akan menghasilkan data mengenai kecepatan aliran, kedalaman aliran dan jarak titik tinjauan yang kemudian akan dianalisis berdasarkan permasalahan yang akan diteliti.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

a. Manfaat Umum

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini akan dijadikan sebagai suatu acuan dalam mengembangkan perencanaan dan pengujian terhadap bangunan air antara lain suatu bendung untuk keperluan sistem irigasi ataupun pengendalian banjir.

b. Manfaat khusus

Akan diperoleh informasi yang bersifat pengetahuan guna peningkatan kompetensi di bidang ilmu Irigasi dan bangunan air bagi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1 Universitas Muhammadiyah Makassar, yang implikasinya diharapkan sebagai salah satu bahan referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan bangunan pelimpah.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan gambaran umum dari keseluruhan penulisan secara sistematis akan diuraikan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan, Dalam bab ini diuraikan mengenai hal-hal yang menjadi latar belakang penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, Dalam bab ini menguraikan tentang teori dasar permasalahan penelitian yang menjadi rujukan atau referensi pendukung penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian, Dalam bab ini akan diuraikan mengenai tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam proses penelitian di laboratorium, mulai dari tahap persiapan sampai tahap akhir penelitian.

Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan, Dalam bab ini mencakup mengenai gambaran dari hasil penelitian, uraian pembahasan dan analisa data dari hasil uji model laboratorium yang telah dilaksanakan selama penelitian.

Bab V Penutup, Dalam bab ini mencakup kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Saluran Terbuka

Saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluid mechanics*). Hal menyangkut sifat-sifat fluida dan pengaruhnya terhadap pola aliran dan gaya yang akan timbul diantara fluida dan pembatas (dinding). Telah diketahui secara umum bahwa akibat adanya perilaku terhadap aliran untuk memenuhi kebutuhan manusia, menyebabkan terjadinya perubahan alur aliran dalam arah horizontal maupun vertikal (Bambang Triatmodjo: 2011).

Saluran terbuka (*open channels*) adalah saluran dimana air yang mengalir mempunyai permukaan bebas yang langsung berhubungan dengan udara luar. Bertentangan dengan pipa, dimana aliran terjadi di bawah tekanan aliran sedangkan saluran terbuka hanya disebabkan oleh kemiringan saluran dan permukaan air (Lucio Canonica, 2013).

Saluran terbuka digolongkan menjadi dua macam saluran yaitu, saluran alam (*nonprimatis*) dan saluran buatan (*primatis*). Saluran alam merupakan suatu aliran yang meliputi semua alur aliran air secara alami, seperti sungai yang kecil dan besar dimana alirannya mengalir dari hulu ke hilir. Saluran buatan adalah saluran yang dibuat dan direncanakan sesuai dengan konteks pemanfaatannya seperti, saluran

irigasi, saluran drainase, saluran pembawa pada pembangkit listrik tenaga air serta saluran untuk industri.

B. Aliran Saluran Terbuka

Aliran pada saluran terbuka (*open channels flow*) merupakan di bawah pengaruh gravitasi, dimana air mengalir dari tempat yang tinggi ketempat yang lebih rendah. Kita ketahui bahwa untuk membuat dan memelihara pengaliran partikel-partikel air dibutuhkan energi dan harus diubah dari satu bentuk kebentuk lainnya. Pada saluran terbuka mempunyai tiga bentuk energi hidrolis, yaitu energi potensial, energi tekanan dan energi kinetik. Juga di dalam saluran terbuka disertai oleh kehilangan tinggi tekan akibat gesekan h_f (Lucio Canonica, 2013).

1. Klasifikasi Aliran

Menurut Lucio Canonica dalam bukunya yang berjudul memahami hidraulika tahun 2013, menyatakan bahwa pentingnya mengetahui klasifikasi aliran yang bekerja pada saluran terbuka tenaga air yang dihasilkan dapat maksimal dan teralirkan dengan baik. Berikut adalah klasifikasi aliran pada saluran terbuka berdasarkan fungsi waktu, yaitu:

- a. Aliran tetap (*steady flow*) adalah terjadi jika kedalaman aliran atau debit aliran (Q) yang melalui suatu penampang melintang aliran merupakan dalam keadaan konstan atau tetap terhadap waktu ($dv/dt=0$), sebagai contoh adalah saluran irigasi.

- b. Aliran tak tetap (unsteady flow) adalah jika debit aliran (Q) berubah dengan waktu aliran ($dv/dt \neq 0$), contohnya, aliran muara yang dipengaruhi pasang surut, banjir dan gelombang.

Adapun klasifikasi aliran pada saluran terbuka berdasarkan fungsi ruang adalah sebagai berikut:

- a. Aliran seragam (uniform flow) adalah jika kecepatan (V) pada semua penampang melintang aliran atau arus merupakan konstan, contohnya saluran drainase.
- b. Aliran tak seragam (non uniform flow) adalah jika kecepatannya berubah pada semua penampang melintang aliran arus, contohnya aliran pada pintu air. Aliran tak seragam, dapat dikelompokkan menjadi dua macam aliran, yaitu:
- 1) Aliran berubah beraturan (gradually varied flow), terjadi jika parameter hidrolis (kecepatan, tampang basah) berubah secara progresif dari satu tampang ke tampang yang lain.
 - 2) Aliran berubah cepat (rapidly varied flow), terjadi jika parameter hidrolis berubah secara mendadak (saluran transisi), loncat air, terjunan, aliran melalui bangunan pelimpah dan pintu air.

Klasifikasi aliran pada saluran terbuka dapat dibedakan dengan bilangan *Froude* dan dipengaruhi gaya tarik bumi. Adapun klasifikasi aliran berdasarkan fungsi bilangan *Froude* dan dipengaruhi gaya tarik bumi, yaitu sebagai berikut:

- a. Aliran kritis, jika bilangan *Froude* sama dengan satu ($Fr = 1$) dan gangguan permukaan, misalnya akibat riak yang terjadi karena batu yang dilempar kedalam sungai tidak akan bergerak menyebar melawan arah arus.
- b. Aliran subkritis, jika bilangan *Froude* lebih kecil dari satu ($Fr < 1$), untuk aliran subkritis kedalaman biasanya lebih besar dan kecepatan aliran rendah (semua riak yang timbul dapat bergerak melawan arus).
- c. Aliran superkritis, jika bilangan *Froude* lebih besar dari satu ($Fr > 1$), untuk aliran superkritis kedalaman aliran relative lebih kecil dan kecepatan relatif tinggi. Segala riak timbul dari suatu gangguan adalah mengikuti arah arus aliran.

Adapun persamaan untuk menghitung nilai bilangan *Froude*, dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (1)$$

Pada aliran terbuka biasanya digunakan kedalaman hidraulis D , sehingga F dapat ditulis sebagai :

$$F = V/\sqrt{g} \quad (2)$$

$$Fr = \frac{Q}{A\sqrt{g\frac{A}{B}}} \quad (3)$$

Dengan:

Fr = bilangan Froude,

V = kecepatan rata-rata aliran (m/det),

g = percepatan gravitasi (m^2/det),

h = Kedalaman hidrolis saluran (m)

Q = debit (m^3/det)

A = Luas penampang (m^2)

2. Regime Aliran

Regime aliran (*flow regime*) adalah pola tertentu ketika suatu fluida yang mengalir diakibatkan sifat fisik fluida, interaksi antara cairan, gas dan ukuran kekerasan. Regime aliran yang mungkin terjadi pada saluran terbuka adalah sebagai berikut :

- 1) Subkritis-laminer (*subtrcritical-laminer*), apabila Fr lebih kecil daripada satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- 2) Superkritis-laminer (*supercritical-laminer*), apabila Fr lebih besar dari satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- 3) Superkritis-turbulen (*supercritical-turbulen*), apabila Fr lebih besar daripada satu dan Re berada dalam rentang laminar.
- 4) Subkritis-turbulen (*subtrcritical-turbulen*), apabila Fr lebih kecil daripada satu dan Re berada dalam rentang turbulen.

C. Penampang Saluran

Menurut jurnal Hidayah S 2015, geometri/penampang saluran (*channel section*) adalah tegak lurus terhadap arah aliran, sedangkan penampang vertical saluran (*vertical channel section*) adalah suatu penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang saluran. Unsur-unsur geometri/penampang pada saluran terbuka berbentuk segi empat, adalah sebagai berikut:

a) Luas penampang melintang (A)

Luas penampang melintang (A) adalah luas cairan yang dipotong oleh penampang melintang dan tegak lurus pada arah aliran. Adapun persamaannya, yaitu:

$$A = b \times h \quad (4)$$

Keterangan:

A = luas penampang basah saluran (m²)

b = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

b) Tinggi jagaan saluran (W)

Tinggi jagaan saluran (W) adalah tinggi saluran mulai dari permukaan air sampai tanggul. Adapun persamaan dari tinggi jagaan saluran, yaitu:

$$W = 0,3 + 0,25 h \quad (5)$$

Keterangan:

W = Tinggi jagaansaluran (m)

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

c) Keliling Basah (P)

Keliling basah saluran (P) adalah panjang dan sisi-sisi sampai permukaan cairan. Adapun persamaan dari keliling basah saluran, yaitu:

$$P = b + 2h \quad (6)$$

Keterangan :

P = keliling basah saluran (P)

b = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

d) Jari-jari hidrolis (R)

Jari-jari hidrolis (R) adalah perbandingan luas penampang melintang dan keliling basah. Adapun persamaan jari-jari hidrolis, yaitu:

$$R = \frac{A}{P} \quad (7)$$

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

A = luas penampang basah saluran (m²)

P = keliling basah saluran (m)

e) Lebar dasar (b)

Lebar dasar (b) adalah lebar permukaan air bagian bawah atau dasar saluran. Adapun persamaan lebar dasar saluran, yaitu:

$$b = n \times h \quad (8)$$

Keterangan:

b = lebar dasar saluran (m)

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

n = koefisien kekasaran Manning dasar saluran

f) Kedalaman Hidrolis Saluran (h)

Kedalaman hidrolis saluran (h) adalah perbandingan luas penampang melintang dan lebar dasar saluran. Adapun persamaan kedalaman hidrolis saluran, adalah sebagai berikut:

$$h = \frac{A}{b} \quad (9)$$

Keterangan:

h = kedalaman hidrolis saluran (m)

A = luas penampang basah saluran (m^2)

b = lebar dasar saluran (m)

D. Parameter Hidrolis Kecepatan dan Debit

Pada saluran terbuka, parameter hidrolis atau kriteria, patokan dan tolak ukur aliran sangat tidak teratur baik terhadap ruang maupun waktu. Adapun parameter hidrolis saluran tersebut diantaranya adalah distribusi kecepatan, kecepatan aliran, debit aliran, pembendungan dan sebagainya.

1. Distribusi kecepatan

Dengan adanya suatu permukaan bebas dan gesekan sepanjang dinding saluran, maka kecepatan aliran dalam saluran tidak terbagi merata dalam menampang saluran. Distribusi kecepatan aliran juga tergantung pada bentuk saluran, kekasaran dan kondisi kelurusan saluran. Kecepatan maksimum dalam saluran biasanya umumnya terjadi dibawah permukaan bebas sedalam 0,05 sampai 0,25 kedalamannya (Karnisah Iin, 2010).

2. Kecepatan Aliran

Menurut Yuni Cahya. S.D, 2012 Dalam hitung praktis rumus yang banyak digunakan adalah persamaan kontinuitas :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (10)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran (m/det)

Q = debit (cm³/det)

A = luas penampang (cm²)

Besarnya kecepatan kritis dicari dengan:

$$V_c = \sqrt{g y_c} \quad (11)$$

Dimana :

V_c = kecepatan kritis

g = percepatan gravitasi (cm/det²)

y_c = ketinggian kritis

3. Debit Aliran

Debit aliran (Q) adalah laju aliran air dalam bentuk volume air yang melewati suatu penampang melintang saluran per satuan waktu. Dalam sistem satuan internasional (SI) besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dtk). Dalam laporan teknis, debit dinyatakan dalam aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Yudah G.S, 2014).

Adapun persamaan umum untuk menghitung debit aliran yang melewati suatu saluran, yaitu:

$$Q = A \times v \quad (12)$$

Keterangan:

Q = debit aliran (m^3/dtk)

A = luas keliling basah penampang (m^2)

v = kecepatan aliran (m/dtk).

E. Pelimpah

Bangunan pelimpah atau yang biasa disebut dengan *spillway* (aliran pelimpah), menurut *Civil Engineering Dictionary* adalah struktur yang dikonstruksi untuk mengalirkan air banjir yang tumpah dari bendungan ke hilir atau sungai tempat dimana bendungan dibangun, dengan debit yang aman. Fungsi dari pelimpah ini selain itu adalah membuat bendungan tidak mudah rusak karena memiliki jalur tempat air dapat keluar.

Bangunan pelimpah juga dapat diartikan sebagai bangunan pelengkap dari suatu bendungan yang berguna untuk mengalirkan kelebihan air reservoir agar bendungan tetap aman bila terjadi banjir. Bangunan pelimpah harus didesain secara hati-hati dan jangan sampai berdampak merugikan terhadap tubuh bendungan, pondasi dan reservoir.

Salah satu bentuk bangunan pelimpah yang sering digunakan adalah bangunan pelimpah tipe ogee. Pelimpah tipe ogee berbentuk tirus luapan bawah dari bendung ambang tajam aerasi. Oleh karena itu pelimpah ini tidak akan memberikan tekanan subatmosfir pada permukaan mercu sewaktu bendung mengalirkan air pada debit rencana. Untuk debit yang lebih rendah, air akan memberikan tekanan kebawah pada mercu.

Untuk merencanakan permukaan mercu ogee dipakai persamaan dari buku kriteria perencanaan 02 :

$$X^{1,810} = 1,939 \text{hd}^{0,810}y \quad (13)$$

Tabel 1. Harga-harga K dan n berbagai kemiringan hilir

Kemiringan permukaan hilir	K	N
Vertikal	2,000	1,850
3 : 1	1,936	1,836
3 : 2	1,939	1,810
1 : 1	1,873	1,776

Sumber : Ven Te Chaw, 1959, berdasarkan data USBR dan WES

Persamaan antara energy dan debit untuk bendung tipe ogee adalah:

$$Q = \frac{2}{3} C_d \cdot b \sqrt{2g} H^{1.5} \quad (14)$$

Dimana:

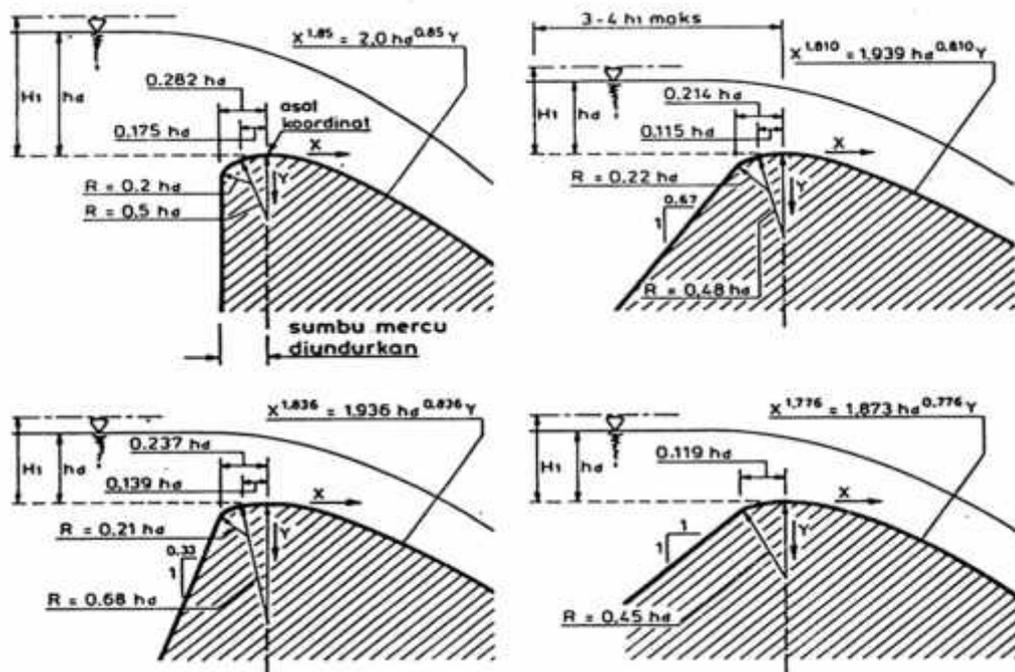
Q = debit m^3/dt

C = koefisien debit ($C_d = C_0 C_1 C_2$)

g = percepatan gravitasi, m/det^2 (9,8)

b = panjang mercu (m)

H = tinggi energy diatas mercu (m)



Gambar 1. Bentuk-bentuk pelimpah tipe ogee (KP-02)

F. Energi Spesifik (*Specific Energy*)

Energi spesifik adalah energy relatif terhadap dasar saluran. Prinsip energy yang diturunkan untuk aliran melalui pipa dapat juga digunakan untuk aliran melalui saluran terbuka. Energi yang terkandung dalam satu satuan berat air yang mengalir didalam saluran terbuka terdiri dari tiga bentuk yaitu energi kinetik, energy tekanan, dan energi elevasi diatas garis referensi (Sunniati S & Malkab M).

Energi kinetic pada suatu tampang disaluran terbuka diberikan oleh bentuk $V^2/2g$, dengan V adalah kecepatan rerata aliran di tampang tersebut. Apabila koefisien koreksi energi diperhitungkan maka energi kinetik mempunyai bentuk $V^2/2g$. Nilai adalah antara 1,05 dan 1,2 yang tergantung pada bentuk distribusi kecepatan.

Oleh karena aliran melalui saluran terbuka mempunyai permukaan air bebas yang terbuka ke atmosfer, maka tekanan pada permukaan air adalah konstan dan diambil $p = 0$ (sebagai tekanan referensi). Energi tekanan di saluran terbuka biasanya dihitung dengan referensi terhadap permukaan air. Apabila di aliran saluran terbuka adalah sepanjang garis kemiringan yang lurus, tekanan pada titik A yang terendam air adalah sama dengan jarak vertikal dari muka air ketitik tersebut. Untuk suatu tampang saluran, kedalaman air pada tampang tersebut, y biasanya digunakan untuk menunjukkan tinggi tekanan, yaitu $y=p/$. Tetapi apabila air mengalir melalui dasar saluran yang berbentuk lengkung, seperti pada bangunan

pelimpah atau bending, gaya sentrifugal yang terjadi karena massa air yang mengalir pada dasar lengkung tersebut dapat menyebabkan perbedaan tekanan yang cukup besar dari tekanan yang diukur dari kedalaman aliran. Untuk air yang mengalir diatas kurva cembung, gaya sentrifugal bekerja dalam arah yang berlawanan dengan gaya gravitasi.

Energi spesifik adalah tinggi tenaga pada sembarang tampang diukur dari dasar saluran. Besarnya energi spesifik dapat dirumuskan sebagai berikut (Ven Te Chow, 1959 dalam Robert,J.K., 2002) :

$$E = \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

Energi spesifik aliran pada penampang tertentu sebagai total energy pada penampang yang dihitung dengan menggunakan dasar saluran sebagai titik duga ditentukan dengan :

$$E1 = h1 + \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (16)$$

Dengan:

E = tinggi energy (m)

h = tinggi muka air (m)

V = kecepatan aliran (m/det)

g = kecepatan gravitasi (m/det)

energi spesifik untuk aliran kritis pada saluran persegi panjang dengan lebar

B dapat ditulis:

$$E_c = \frac{V_c^2}{2g} + y_c = \frac{Q^2}{2gy_c^2 H^2} + y_c \quad (17)$$

Sehingga besarnya kedalaman kritis dapat ditulis menjadi :

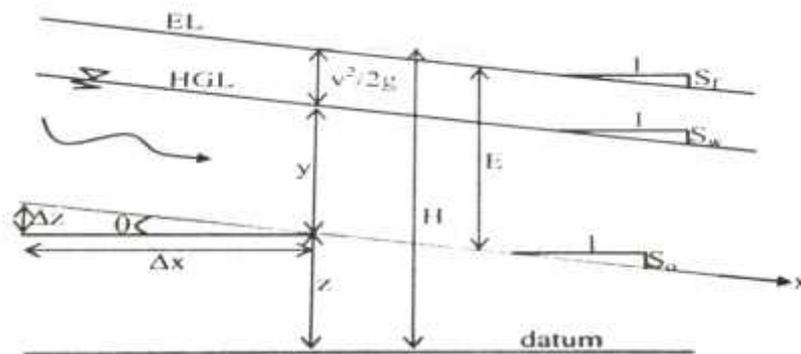
$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q}{B^2 g}} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (18)$$

Besarnya kecepatan kritis dapat dicari dari :

$$Fr = \frac{V_c}{\sqrt{g y_c}} = 1 \quad (19)$$

$$\text{Atau } V_c = \sqrt{g y_c} \quad (20)$$

Hubungan antara kedalaman air dan energy spesifik diilustrasikan dalam gambar 4. Energi minimum (E_{\min}) dari suatu aliran merupakan energy aliran tersebut pada kondisi dimana $Fr = 1$.



Gambar 2. Parameter energi spesifik (Robert.J.K. (2002))

G. Skala Model

1. Umum

Menurut Bambang Triatmojo:2011, skala model dalam bidang hidrodinamik atau yang lebih dikenal dengan nama “Hidrolika Model” merupakan eksperimen mekanika fluida yang ditujukan untuk menyelesaikan problem-problem hidrolis dalam rekayasa praktis. Tes hidrolika model biasanya menggunakan air sebagai fluida model. Hal ini karena air mudah didapat dan mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan fluida-fluida lainnya.

Dalam merencanakan skala model ada beberapa kondisi yang harus dipenuhi, yaitu antara lain:

- a) Skala model harus disimulasi secara akurat, model harus mereproduksi dengan tepat fenomena alam yang distudi .
- b) Skala model harus sensitif, sensitivitas skala model harus disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan dalam mereproduksi proses alam yang diamati.
- c) Skala model harus ekonomis, model yang terbaik bukanlah model yang terbesar, tetapi skala model yang juga memperhitungkan pertimbangan ekonomi.

2. Jenis Model

Menurut A. Reza Gifari (2017), secara umum pengertian model adalah suatu untuk menciptakan suatu replika atau tiruan dari suatu

fenomena atau peristiwa alam. Ada tiga jenis model yaitu model fisik, model analogi dan model matematik.

a) Model fisik

Pada model fisik replika atau tiruan tersebut dilaksanakan dengan menirukan domain/ruang/daerah dimana fenomena atau peristiwa alam itu terjadi. Tiruan domain ini dapat lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan domain aslinya di lapangan atau alam. Kecocokan dari model ini tergantung dari seberapa mungkin kesebangunan (geometris, kinematis dan dinamis) di alam dapat ditirukan dalam model. Contoh: model bendung, model bangunan pelimpah, model karburator.

b) Model analogi

Pada model analogi replika atau tiruan tersebut dilaksanakan dengan menganalogikan fenomena/peristiwa/alam dengan fenomenan atau peristiwa alam yang lain untuk kemudian dibuat model fisiknya. Misalnya peristiwa aliran tanah dibawah bendung ditirukan dengan model yang menggunakan arus listrik.

c) Model matematik

Pada model matematik replika atau tiruan tersebut dilaksanakan dengan mendeskripsikan fenomena atau peristiwa alam dengan satu set persamaan. Kecocokan model terhadap fenomena atau peristiwa alamnya

tergantung dari ketepatan simulasi persamaan matematis dalam mendeskripsikan fenomena atau peristiwa alam yang ditirukan.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia Makassar.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini di rencanakan dengan durasi waktu 3 bulan, untuk administrasi sudah dimulai sejak bulan Februari tahun 2018, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan proposal, dan dilakukan desain alat, kemudian dilanjutkan dengan pengamatan/pengukuran di Laboratorium untuk mendapatkan data-data primer.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Penelitian

Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian laboratorium yang meliputi pengamatan/pengukuran terhadap parameter aliran pada saluran terbuka berbentuk segi empat yang menggunakan bangunan pelimpah tipe ogee dengan memperhitungkan parameter hidrolis.

2. Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua sumber data, yang terdiri dari:

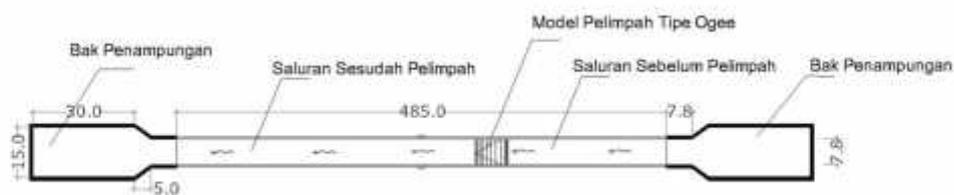
- Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik laboratorium
- Data sekunder yaitu data yang didapatkan dari literatur, hasil penelitian yang telah ada, baik yang telah dilakukan di laboratorium maupun di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian.

C. Desain Penelitian

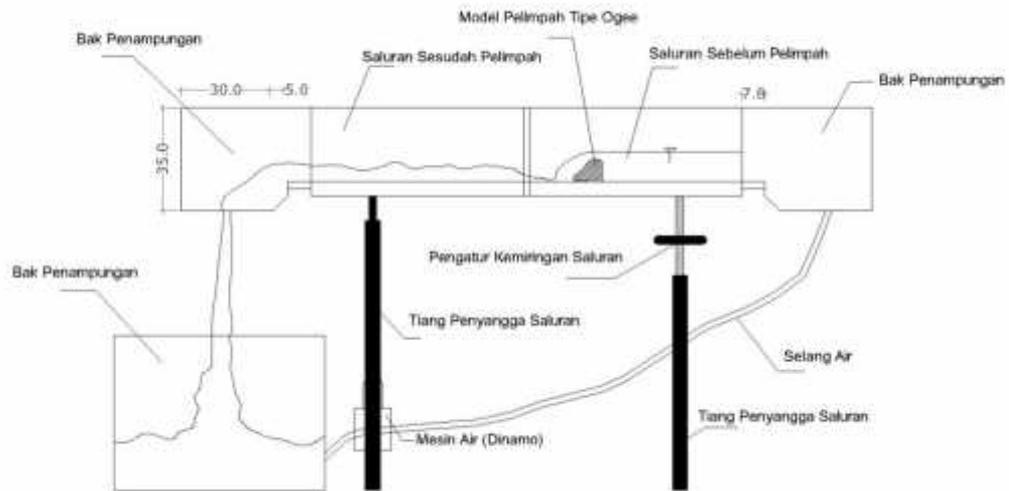
penelitian ini menggunakan peralatan dan bahan yang tersedia di Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Jurusan Teknik Universitas Muslim Indonesia Makassar. Adapun alat dan bahan yang digunakan, yaitu:

- Peralatan suatu set model saluran terbuka (flume)
- Model bentuk pelimpah tipe ogee
- Pompa, air, mistar, stopwatch, dan kamera
- Bahan yang digunakan (air, pastisin, fiber glass dan kaca)

Adapun desain alat yang digunakan dalam penelitian ini, ditujukan pada gambar 3 dan gambar 4 berikut ini:

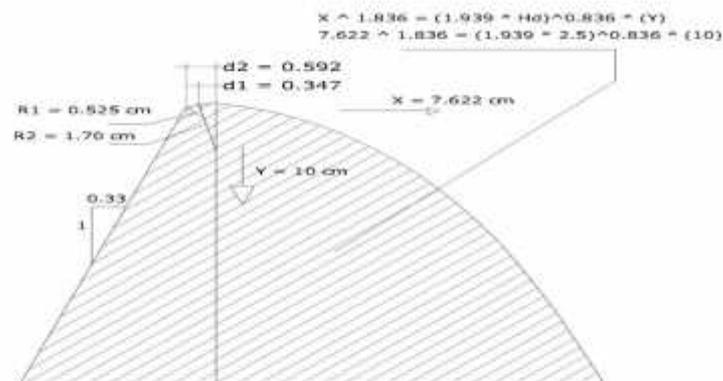


Gambar 3. Denah alat penelitian



Gambar 4. Profil alat penelitian

Adapun bentuk sketsa pelimpah tipe ogee pada gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Pelimpah tipe ogee

D. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan dua jenis variabel, yaitu bebas dan variabel terikat. Variabel yang digunakan dalam penelitian, yaitu:

1. Variabel Bebas (independen)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab terjadinya perubahan atau timbulnya variabel terikat (dependen). Dinamakan sebagai variabel bebas karena bebas dalam mempengaruhi variabel lain. (A. Reza Gifari, 2017). Dalam penelitian ini variabel bebas yang digunakan, yaitu:

- a. Kecepatan Aliran (V)
- b. Tinggi muka air (H)

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang di pengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. (A. Reza Gifari, 2017). Dalam penelitian ini variabel terikat yang digunakan, yaitu:

- a. Debit pengaliran (Q)
- b. Dimensi pelimpah tipe ogee 1:3
- c. Dimensi saluran terbuka

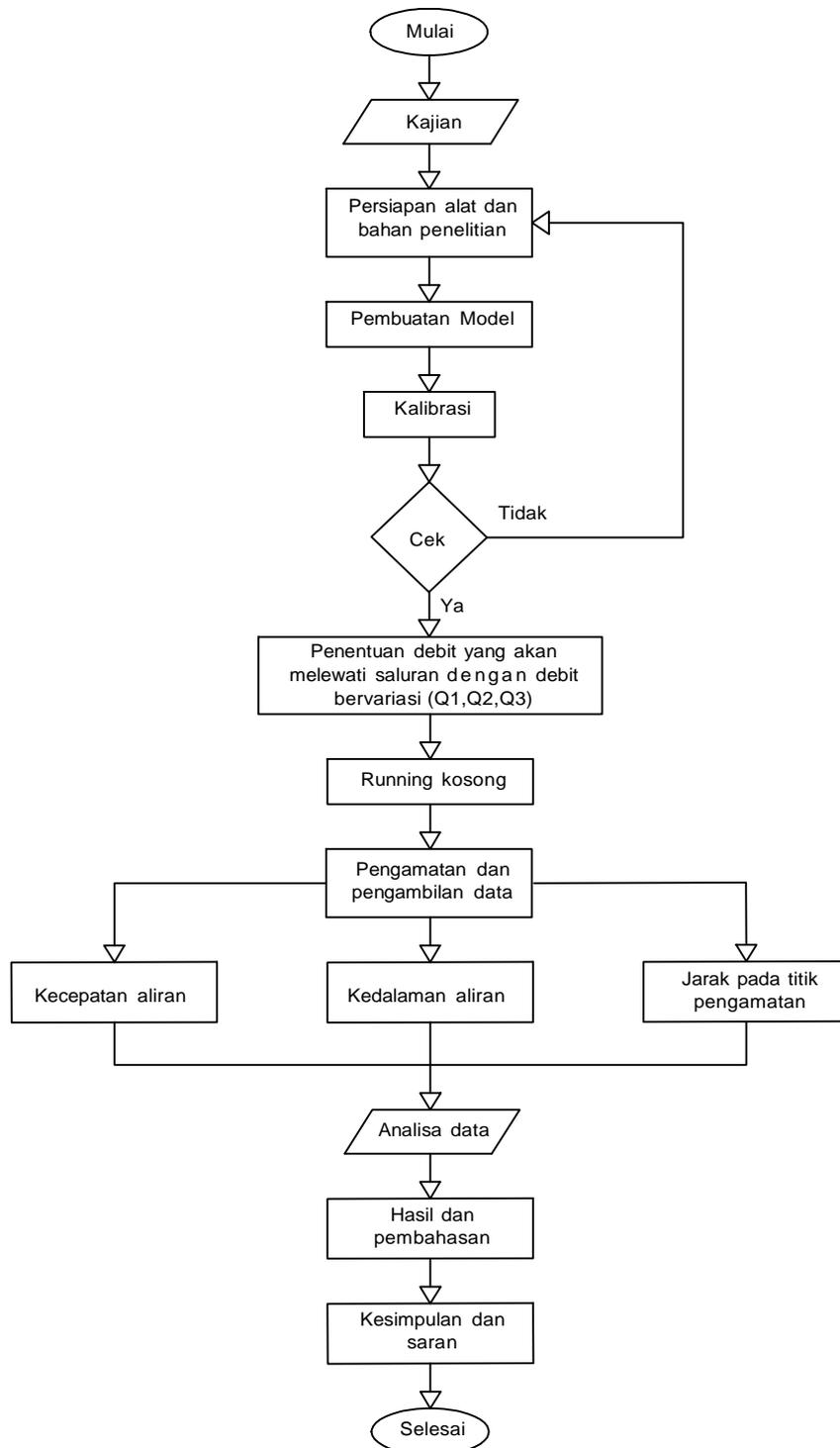
E. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian uji model bentuk pelimpah adalah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan peralatan di laboratorium termasuk membuat model fisik pelimpah.

- b) Menempatkan pelimpah pada posisi satu meter dari hulu saluran peraga.
- c) Kalibrasi alat ukur debit.
- d) Melakukan percobaan awal dengan menetapkan tinggi muka air pada alat ukur debit untuk menentukan besarnya debit (Q) yang akan digunakan pada pengaliran tanpa pelimpah.
- e) Melakukan pengukuran H (tinggi muka air dari dasar saluran) dan V (kecepatan aliran).
- f) Pengambilan data kecepatan aliran sebelum dan sesudah melewati bangunan pelimpah.
- g) Selanjutnya mengulangi langkah kerja (c) dengan Q_2 dan Q_3 , melakukan pengamatan dengan menggunakan model pelimpah dengan mengulangi langkah ke (d), (e), dan (f).

F. Flowchart Penelitian



Gambar 6. Flowchart Penelitian

BAB IV
ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Koefisien Debit (Cd) Pada Pelimpah Tipe Ogee

Cd merupakan koefisien debit pada pelimpah, Cd pada pelimpah dapat dilihat pada tabel 2, dan besarnya Cd rata-rata adalah 1,1115, sebagai contoh untuk (H) = 0.035 m, volume air (v) = 0.01 m³, dengan waktu pengaliran sebagai berikut : 6,59 detik, 6,16 detik, 6,00 detik. Total waktu pengaliran = 18,75 detik.

$$\text{Waktu aliran rata-rata } t_r = \frac{1,7}{3} = 6,25 \text{ det}$$

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,01 \text{ m}^3}{6,2} = 0,0016 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$C_d = \frac{Q}{\frac{2}{3} \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot H^{1,5}} = \frac{0,0016}{\frac{2}{3} \cdot 0,078 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8} \cdot 0,035^{1,5}} = 1,0609$$

Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum dalam tabel 2 dengan masing-masing volume 0,01 m³:

Tabel 2. Perhitungan Volume 0,01 m³

No	b (m)	h (m)	t (dtk)			t (dtk)	V (m ³)	Q (m ³ /dtk)	Cd
			t1	t2	t3				
1	0,078	0,035	6,59	6,16	6	6,250	0,01	0,0016	1,0609
2	0,078	0,035	6,03	6,31	6,29	6,210	0,01	0,0016	1,0677
3	0,078	0,036	6,81	6,19	6,64	6,547	0,01	0,0015	0,9709
4	0,078	0,041	4,59	4,69	4,87	4,717	0,01	0,0021	1,1088

Lanjutan tabel 2 :

No	b (m)	h (m)	t (dtk)			t (dtk)	V (m ³)	Q (m ³ /dtk)	Cd
			t1	t2	t3				
5	0,078	0,041	4,78	4,75	4,72	4,750	0,01	0,0021	1,1010
6	0,078	0,042	4,72	5,29	5,16	5,057	0,01	0,0020	0,9975
7	0,078	0,045	3,56	3,59	3,91	3,687	0,01	0,0027	1,2337
8	0,078	0,045	3,47	3,62	3,68	3,590	0,01	0,0028	1,2669
9	0,078	0,046	3,97	3,85	3,73	3,850	0,01	0,0026	1,1430
10	0,078	0,047	3,63	3,75	3,59	3,657	0,01	0,0027	1,1652
Rata-rata Cd									1,1115

Sumber : Hasil Perhitungan

B. Ketinggian Air

Hasil pengukuran tinggi air pada daerah hulu dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Tinggi muka air pada daerah hulu pada debit 0,0015 m³/det, 0,002 m³/det, dan 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0015	0	0,154
2		0,35	0,149
3		0,665	0,147

No	Debit t (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,002	0	0,16
2		0,35	0,157
3		0,65	0,153

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0025	0	0,168
2		0,35	0,164
3		0,63	0,16

Sumber : Hasil Pengamatan

Hasil pengukuran tinggi air pada saat diatas bangunan dirangkum pada tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Tinggi air pada saat diatas bangunan debit 0,0015 m³/det, 0,002 m³/det, dan 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0015	0,78	0,035
2		0,8	0,035
3		0,82	0,035
4		0,84	0,035
5		0,86	0,035

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,002	0,78	0,041
2		0,8	0,041
3		0,82	0,041
4		0,84	0,041
5		0,86	0,041

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0025	0,78	0,046
2		0,8	0,046
3		0,82	0,046
4		0,84	0,046
5		0,86	0,046

Sumber : Hasil Pengamatan

Hasil pengukuran tinggi air pada saat melewati bangunan dirangkum pada tabel 5,6, dan 7.

Tabel 5. Tinggi muka air pada saat melewati bangunan dengan debit 0,0015 m³/det

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0015	0,87	0,043
2		0,89	0,042
3		0,91	0,04
4		0,93	0,045
5		0,95	0,05
6		0,97	0,055
7		0,99	0,057
8		1,01	0,059
9		1,03	0,061
10		1,05	0,064
11		1,07	0,067
12		1,09	0,07
13		1,11	0,07
14		1,13	0,072
15		1,15	0,074
16		1,17	0,076
17		1,19	0,079
18		1,21	0,078
19		1,23	0,077
20		1,25	0,078
21		1,27	0,075
22		1,29	0,076
23		1,31	0,077
24		1,33	0,076
25		1,35	0,077
26		1,37	0,077
27		1,39	0,077
28		1,41	0,077
29		1,43	0,077

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 6. Tinggi muka air pada saat melewati bangunan dengan debit 0,002 m³/det

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,002	0,87	0,048
2		0,89	0,043
3		0,91	0,047
4		0,93	0,045
5		0,95	0,056
6		0,97	0,06
7		0,99	0,063
8		1,01	0,067
9		1,03	0,069
10		1,05	0,07
11		1,07	0,073
12		1,09	0,076
13		1,11	0,076
14		1,13	0,078
15		1,15	0,075
16		1,17	0,082
17		1,19	0,084
18		1,21	0,085
19		1,23	0,084
20		1,25	0,083
21		1,27	0,083
22		1,29	0,084
23		1,31	0,083
24		1,33	0,083
25		1,35	0,083
26		1,37	0,085
27		1,39	0,085
28		1,41	0,085
29		1,43	0,085

Sumber : Hasil Pengamatan

Tabel 7. Tinggi air pada saat melewati bangunan dengan debit 0,0025 m³/det

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0025	0,89	0,043
2		0,91	0,046
3		0,93	0,049
4		0,95	0,053
5		0,97	0,057
6		0,99	0,065
7		1,01	0,07
8		1,03	0,074
9		1,05	0,077
10		1,07	0,08
11		1,09	0,083
12		1,11	0,085
13		1,13	0,087
14		1,15	0,088
15		1,17	0,089
16		1,19	0,09
17		1,21	0,09
18		1,23	0,091
19		1,25	0,091
20		1,27	0,091
21		1,29	0,091
22		1,31	0,092
23		1,33	0,092
24		1,35	0,092
25		1,37	0,092
26		1,39	0,092
27		1,41	0,093
28		1,43	0,093
29		1,45	0,093

Sumber : Hasil Pengamatan

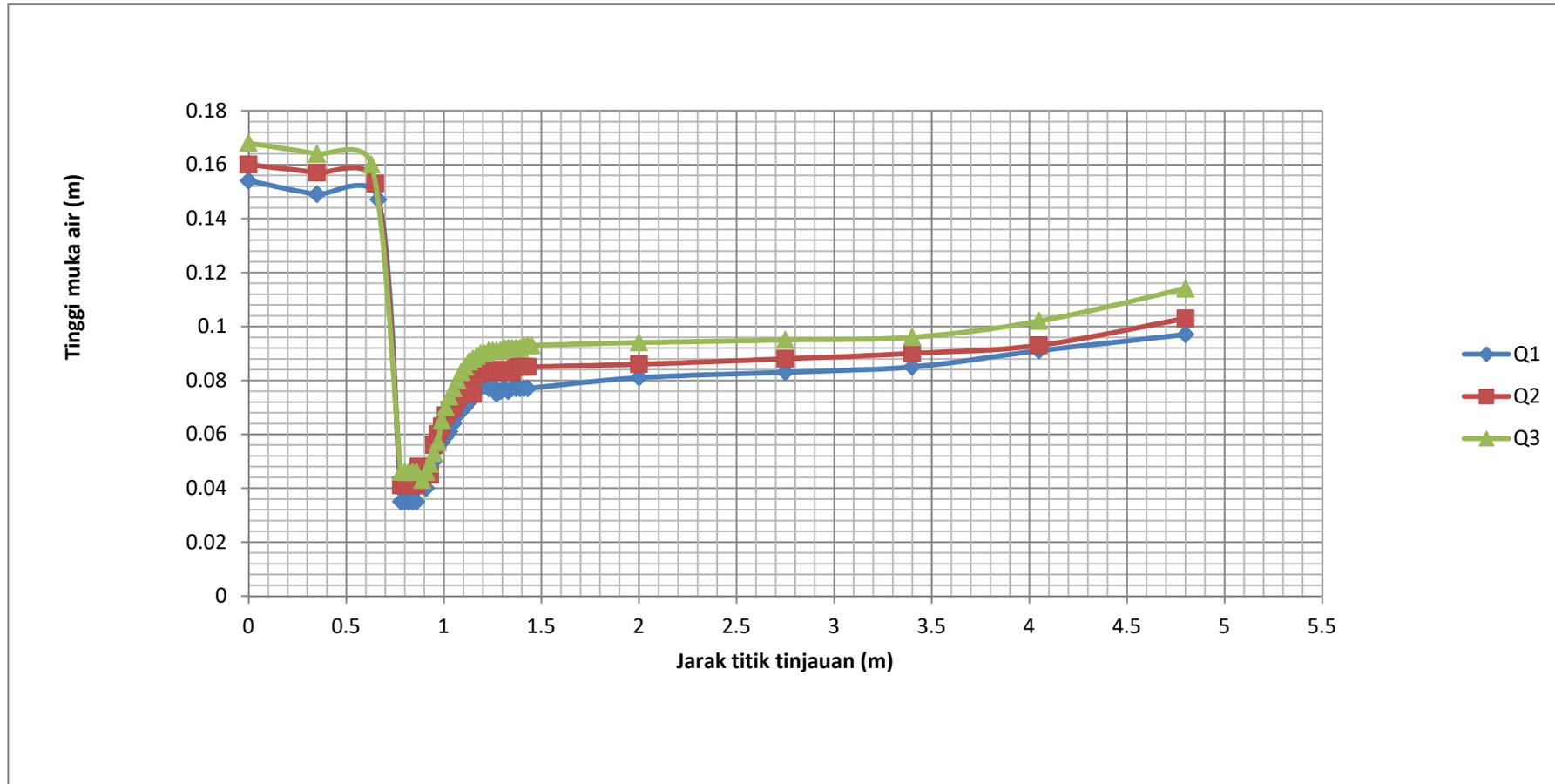
Tabel 8. Tinggi muka air pada daerah hilir dengan debit 0,0015 m³/det, 0,002 m³/det, dan 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0015	2	0,081
2		2,75	0,083
3		3,4	0,085
4		4,05	0,091
5		4,8	0,097

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,002	2	0,086
2		2,75	0,088
3		3,4	0,09
4		4,05	0,093
5		4,8	0,103

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)
1	0,0025	2	0,094
2		2,75	0,095
3		3,4	0,096
4		4,05	0,102
5		4,8	0,114

Sumber : Hasil Pengamatan



Gambar 7. Profil aliran air pada $Q1 = 0,0015 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q2 = 0,002 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q3 = 0,0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa hubungan antara tinggi muka air dengan debit (Q_1, Q_2, Q_3) berbanding lurus, dimana semakin tinggi debit aliran maka tinggi muka airnya semakin besar. Dimana tinggi muka air paling besar terdapat pada debit ($Q_3 = 0.0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$).

C. Luas penampang

Dari hasil ketinggian air pada tabel diatas dapat dihitung luas penampang pada tiap titik didaerah hulu, dimana $b = 0.078 \text{ m}$ $H = 0.154 \text{ m}$ mempunyai luas penampang $A = b \times H = 0.078 \times 0.154 = 0.0120 \text{ m}^2$. Perhitungan selanjutnya diselesaikan dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum dalam tabel 9 sebagai berikut :

Tabel 9. Luas penampang pada berbagai jarak dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $0,002 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $0,0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$

No	Debit (m^3/dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m^2)
1	0,0015	0	0,154	0,078	0,0120
2		0,35	0,149		0,0116
3		0,665	0,147		0,0115

No	Debit (m^3/dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m^2)
1	0,002	0	0,16	0,078	0,0125
2		0,35	0,157		0,0122
3		0,65	0,153		0,0119

No	Debit (m^3/dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m^2)
1	0,0025	0	0,168	0,078	0,0131
2		0,35	0,164		0,0128
3		0,63	0,16		0,0125

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan luas penampang diatas bangunan, dimana $b = 0.078 \text{ m}$ $H = 0.035 \text{ m}$ mempunyai luas penampang $A = b \times H = 0.078 \times 0.035 = 0.0027 \text{ m}^2$. Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum pada tabel 10 sebagai berikut :

Tabel 10. Hasil perhitungan luas penampang pada saat diatas bangunan dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $0,002 \text{ m}^3/\text{det}$, dan $0,0025 \text{ m}^3/\text{det}$.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0015	0,78	0,035	0,078	0,0027
2		0,8	0,035		0,0027
3		0,82	0,035		0,0027
4		0,84	0,035		0,0027
5		0,86	0,035		0,0027

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,002	0,78	0,041	0,078	0,0032
2		0,8	0,041		0,0032
3		0,82	0,041		0,0032
4		0,84	0,041		0,0032
5		0,86	0,041		0,0032

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0025	0,78	0,046	0,078	0,0036
2		0,8	0,046		0,0036
3		0,82	0,046		0,0036
4		0,84	0,046		0,0036
5		0,86	0,046		0,0036

Sumber : Data Perhitungan

Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan, dimana $b = 0.078 \text{ m}$ $H = 0.045 \text{ m}$ mempunyai luas penampang $A = b \times H = 0.078 \times$

$0.045 = 0.0035 \text{ m}^2$. Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum pada tabel 11,12 dan 13 sebagai berikut :

Tabel 11. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0015	0,87	0,043	0,078	0,0034
2		0,89	0,042		0,0033
3		0,91	0,04		0,0031
4		0,93	0,045		0,0035
5		0,95	0,05		0,0039
6		0,97	0,055		0,0043
7		0,99	0,057		0,0044
8		1,01	0,059		0,0046
9		1,03	0,061		0,0048
10		1,05	0,064		0,0050
11		1,07	0,067		0,0052
12		1,09	0,07		0,0055
13		1,11	0,07		0,0055
14		1,13	0,072		0,0056
15		1,15	0,074		0,0058
16		1,17	0,076		0,0059
17		1,19	0,079		0,0062
18		1,21	0,078		0,0061
19		1,23	0,077		0,0060
20		1,25	0,078		0,0061
21		1,27	0,075		0,0059
22		1,29	0,076		0,0059
23		1,31	0,077		0,0060
24		1,33	0,076		0,0059
25		1,35	0,077		0,0060
26		1,37	0,077		0,0060
27		1,39	0,077		0,0060
28		1,41	0,077		0,0060
29		1,43	0,077		0,0060

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 12. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit 0,002 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,002	0,87	0,048	0,078	0,0037
2		0,89	0,043		0,0034
3		0,91	0,047		0,0037
4		0,93	0,045		0,0035
5		0,95	0,056		0,0044
6		0,97	0,06		0,0047
7		0,99	0,063		0,0049
8		1,01	0,067		0,0052
9		1,03	0,069		0,0054
10		1,05	0,07		0,0055
11		1,07	0,073		0,0057
12		1,09	0,076		0,0059
13		1,11	0,076		0,0059
14		1,13	0,078		0,0061
15		1,15	0,075		0,0059
16		1,17	0,082		0,0064
17		1,19	0,084		0,0066
18		1,21	0,085		0,0066
19		1,23	0,084		0,0066
20		1,25	0,083		0,0065
21		1,27	0,083		0,0065
22		1,29	0,084		0,0066
23		1,31	0,083		0,0065
24		1,33	0,083		0,0065
25		1,35	0,083		0,0065
26		1,37	0,085		0,0066
27		1,39	0,085		0,0066
28		1,41	0,085		0,0066
29		1,43	0,085		0,0066

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 13. Hasil perhitungan luas penampang setelah bangunan dengan debit 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0025	0,89	0,043	0,078	0,0034
2		0,91	0,046		0,0036
3		0,93	0,049		0,0038
4		0,95	0,053		0,0041
5		0,97	0,057		0,0044
6		0,99	0,065		0,0051
7		1,01	0,07		0,0055
8		1,03	0,074		0,0058
9		1,05	0,077		0,0060
10		1,07	0,08		0,0062
11		1,09	0,083		0,0065
12		1,11	0,085		0,0066
13		1,13	0,087		0,0068
14		1,15	0,088		0,0069
15		1,17	0,089		0,0069
16		1,19	0,09		0,0070
17		1,21	0,09		0,0070
18		1,23	0,091		0,0071
19		1,25	0,091		0,0071
20		1,27	0,091		0,0071
21		1,29	0,091		0,0071
22		1,31	0,092		0,0072
23		1,33	0,092		0,0072
24		1,35	0,092		0,0072
25		1,37	0,092		0,0072
26		1,39	0,092		0,0072
27		1,41	0,093		0,0073
28		1,43	0,093		0,0073
29		1,45	0,093		0,0073

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan luas penampang pada daerah hilir, dimana $b = 0.078$ m $H = 0.081$ m mempunyai luas penampang $A = b \times H = 0.078 \times 0.081 = 0.0063$ m². Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum pada tabel 14.

Tabel 14. Hasil perhitungan luas penampang pada daerah hilir dengan debit 0,0015 m³/det, 0,002 m³/det dan 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0015	2	0,081	0,078	0,0063
2		2,75	0,083		0,0065
3		3,4	0,085		0,0066
4		4,05	0,091		0,0071
5		4,8	0,097		0,0076

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,002	2	0,086	0,078	0,0067
2		2,75	0,088		0,0069
3		3,4	0,09		0,0070
4		4,05	0,093		0,0073
5		4,8	0,103		0,0080

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	A (m ²)
1	0,0025	2	0,094	0,078	0,0073
2		2,75	0,095		0,0074
3		3,4	0,096		0,0075
4		4,05	0,102		0,0080
5		4,8	0,114		0,0089

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil pengamatan ketinggian muka air pada daerah titik tinjauan yaitu daerah hulu, daerah pada muka air saat berada diatas bangunan, daerah pada muka air saat melewati bangunan pelimpah dan pada daerah hilir dengan masing-masing variasi debit $Q_1 = 0.0015$ m/dtk, $Q_2 = 0.0020$ m/dtk, dan $Q_3 = 0.0025$ m/dtk, maka hasil perhitungan luas penampang dapat dilihat pada tabel 9 sampai tabel 14 di atas.

D. Kecepatan aliran

Hasil perhitungan kecepatan aliran pada daerah hulu dapat dilihat pada tabel sebagai berikut dengan debit $0,0015$ m³/det, $0,0020$ m³/det, dan $0,0025$ m³/det. Kecepatan didaerah hulu dilakukan lima kali percobaan tiap jarak, pada debit $0,0015$ m³/det dengan waktu pengaliran 5.98 detik, 5.76 detik, 5.59 detik, 5.93 detik, 5.59 detik. Total waktu pengaliran = 28.85 detik

$$\text{Waktu aliran rata-rata } t_r = \frac{2.8}{5} = 5.770 \text{ detik.}$$

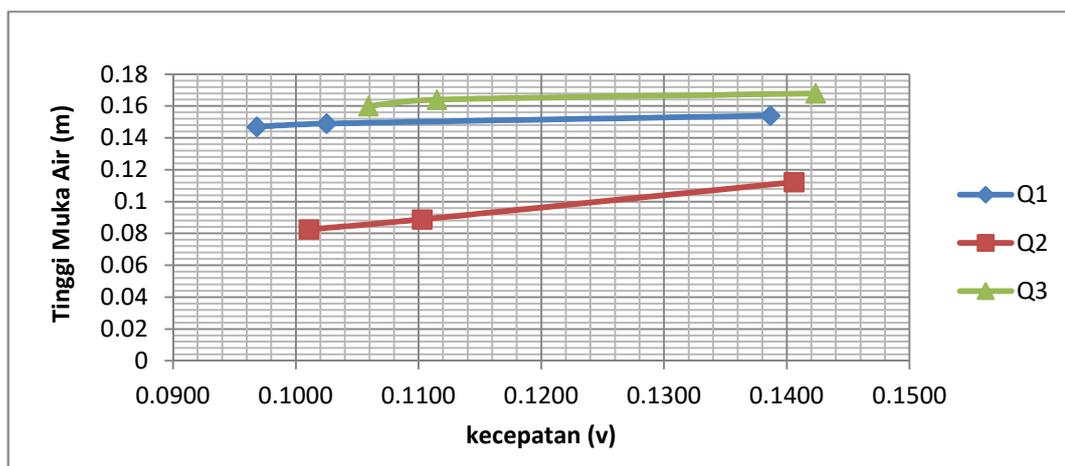
$$V = \frac{J}{w \cdot r \cdot t} = \frac{0.8}{5.7} = 0,1386 \text{ m/det}$$

Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel sebagai berikut:

Tabel 15, Kecepatan aliran didaerah hulu menggunakan pelampung

No.	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	TMA (m)	Waktu (dtk)						Jarak (m)	Kecepatan (m/dtk)
				t1	t2	t3	t4	t5	t rata-rata		
1.	0,0015	0,00	0,154	5,98	5,76	5,59	5,93	5,59	5,770	0,80	0,1386
		0,35	0,149	4,63	4,32	4,12	4,23	4,65	4,390	0,45	0,1025
		0,67	0,147	1,14	1,45	1,67	1,54	1,43	1,446	0,14	0,0968
2.	0,0020	0,00	0,160	6,13	5,53	5,83	5,33	5,63	5,690	0,80	0,1406
		0,35	0,157	3,41	4,23	4,54	4,81	4,21	4,240	0,45	0,1061
		0,65	0,153	1,13	1,31	1,81	1,12	1,27	1,328	0,15	0,1130
3.	0,0025	0,00	0,168	5,59	5,21	5,94	5,71	5,65	5,620	0,80	0,1423
		0,35	0,164	4,13	4,23	3,41	4,23	4,54	4,108	0,45	0,1095
		0,63	0,160	1,12	1,51	1,32	1,19	1,26	1,280	0,15	0,1172

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 8 : Hubungan antara tinggi muka air dan kecepatan pada daerah hulu

Gambar diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi muka air maka kecepatan semakin besar, dimana kecepatan yang terbesar terdapat pada debit (Q3) dengan jarak titik tinjauan yang dapat dilihat pada tabel 15 diatas. Hal ini dipengaruhi oleh semakin besarnya debit sehingga menimbulkan kecepatan yang tinggi.

Perhitungan kecepatan pada bangunan dengan debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det dirangkum pada tabel 16, dimana Q = 0,0015 m³/det, b = 0,078 m, g = 9,81 m²/det dan dijabarkan sebagai berikut:

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{0.0}{0.0} = 0.0192 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0.0^2}{9.8}} = 0.033 \text{ m}$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot Y} = \sqrt{9.81 \times 0.0335} = 0.5733 \text{ m}/\text{det}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 16.

Tabel 16. Hasil perhitungan kecepatan pada bangunan dengan debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)
1	0,0015	0,78	0,035	0,078	0,0192	0,0335	0,5735
2		0,8	0,035		0,0192	0,0335	0,5735
3		0,82	0,035		0,0192	0,0335	0,5735
4		0,84	0,035		0,0192	0,0335	0,5735
5		0,86	0,035		0,0192	0,0335	0,5735
No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)
1	0,002	0,78	0,041	0,078	0,0256	0,0406	0,6313
2		0,8	0,041		0,0256	0,0406	0,6313
3		0,82	0,041		0,0256	0,0406	0,6313
4		0,84	0,041		0,0256	0,0406	0,6313
5		0,86	0,041		0,0256	0,0406	0,6313

Lanjutan tabel 16.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)
1	0,0025	0,78	0,046	0,078	0,0321	0,0471	0,680
2		0,8	0,046		0,0321	0,0471	0,680
3		0,82	0,046		0,0321	0,0471	0,680
4		0,84	0,046		0,0321	0,0471	0,680
5		0,86	0,046		0,0321	0,0471	0,680

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel diatas menunjukkan kecepatan kritis dan tinggi muka air kritis pada bangunan pelimpah dimana semakin tinggi debit aliran maka kecepatan kritis juga semakin tinggi.

Perhitungan kecepatan pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det dirangkum pada tabel 17,18, dan 19 dimana $Q = 0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$, $b = 0,078 \text{ m}$, $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{det}$, $y_2 = 0,144$ (Tinggi muka air sebelum melewati bangunan) dan dijabarkan sebagai berikut:

$$y = y_2 - y_1 = 0,097 - 0,043 = 0,0540 \text{ m}$$

$$V = \sqrt{2 \cdot y \cdot \Delta} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,0540} = 1,0293 \text{ m/det}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan hasilnya dirangkum pada tabel 17, 18 dan 19 sebagai berikut:

Tabel 17, Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0015 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)
1	0.0015	0.87	0.043	0.081	0.0380	0.8635
2		0.89	0.042		0.0390	0.8747
3		0.91	0.04		0.0410	0.8969
4		0.93	0.045		0.0360	0.8404
5		0.95	0.05		0.0310	0.7799
6		0.97	0.055		0.0260	0.7142
7		0.99	0.057		0.0240	0.6862
8		1.01	0.059		0.0220	0.6570
9		1.03	0.061		0.0200	0.6264
10		1.05	0.064		0.0170	0.5775
11		1.07	0.067		0.0140	0.5241
12		1.09	0.07		0.0110	0.4646
13		1.11	0.07		0.0110	0.4646
14		1.13	0.072		0.0090	0.4202
15		1.15	0.074		0.0070	0.3706
16		1.17	0.076		0.0050	0.3132
17		1.19	0.079		0.0020	0.1981
18		1.21	0.078		0.0030	0.2426
19		1.23	0.077		0.0040	0.2801
20		1.25	0.078		0.0030	0.2426
21		1.27	0.075		0.0060	0.3431
22		1.29	0.076		0.0050	0.3132
23		1.31	0.077		0.0040	0.2801
24		1.33	0.076		0.0050	0.3132
25		1.35	0.077		0.0040	0.2801
26		1.37	0.077		0.0040	0.2801
27		1.39	0.077		0.0040	0.2801
28		1.41	0.077		0.0040	0.2801
29		1.43	0.077		0.0040	0.2801

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 18, Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,002 m³/det:

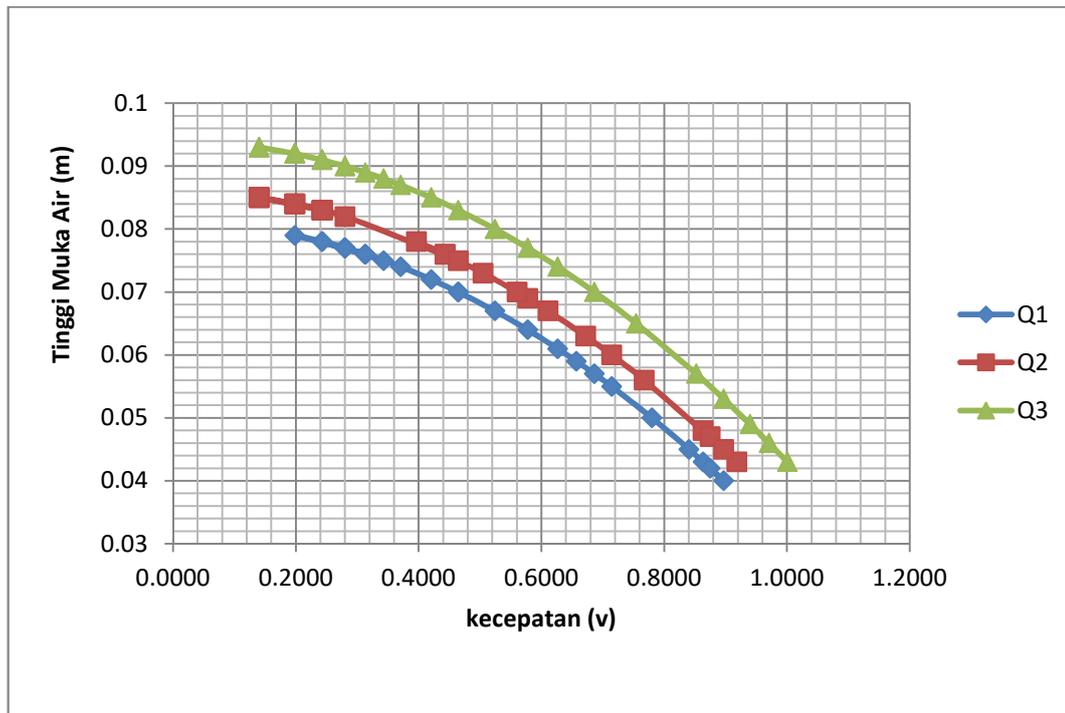
No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ² (m)	Δy (m)	V (m)
1	0.002	0.87	0.048	0.086	0.0380	0.8635
2		0.89	0.043		0.0430	0.9185
3		0.91	0.047		0.0390	0.8747
4		0.93	0.045		0.0410	0.8969
5		0.95	0.056		0.0300	0.7672
6		0.97	0.06		0.0260	0.7142
7		0.99	0.063		0.0230	0.6718
8		1.01	0.067		0.0190	0.6106
9		1.03	0.069		0.0170	0.5775
10		1.05	0.07		0.0160	0.5603
11		1.07	0.073		0.0130	0.5050
12		1.09	0.076		0.0100	0.4429
13		1.11	0.076		0.0100	0.4429
14		1.13	0.078		0.0080	0.3962
15		1.15	0.075		0.0110	0.4646
16		1.17	0.082		0.0040	0.2801
17		1.19	0.084		0.0020	0.1981
18		1.21	0.085		0.0010	0.1401
19		1.23	0.084		0.0020	0.1981
20		1.25	0.083		0.0030	0.2426
21		1.27	0.083		0.0030	0.2426
22		1.29	0.084		0.0020	0.1981
23		1.31	0.083		0.0030	0.2426
24		1.33	0.083		0.0030	0.2426
25		1.35	0.083		0.0030	0.2426
26		1.37	0.085		0.0010	0.1401
27		1.39	0.085		0.0010	0.1401
28		1.41	0.085		0.0010	0.1401
29		1.43	0.085		0.0010	0.1401

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 19, Perhitungan kecepatan aliran pada daerah setelah bangunan dengan debit 0,0025 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)
1	0.0025	0.89	0.043	0.094	0.0510	1.0003
2		0.91	0.046		0.0480	0.9704
3		0.93	0.049		0.0450	0.9396
4		0.95	0.053		0.0410	0.8969
5		0.97	0.057		0.0370	0.8520
6		0.99	0.065		0.0290	0.7543
7		1.01	0.07		0.0240	0.6862
8		1.03	0.074		0.0200	0.6264
9		1.05	0.077		0.0170	0.5775
10		1.07	0.08		0.0140	0.5241
11		1.09	0.083		0.0110	0.4646
12		1.11	0.085		0.0090	0.4202
13		1.13	0.087		0.0070	0.3706
14		1.15	0.088		0.0060	0.3431
15		1.17	0.089		0.0050	0.3132
16		1.19	0.09		0.0040	0.2801
17		1.21	0.09		0.0040	0.2801
18		1.23	0.091		0.0030	0.2426
19		1.25	0.091		0.0030	0.2426
20		1.27	0.091		0.0030	0.2426
21		1.29	0.091		0.0030	0.2426
22		1.31	0.092		0.0020	0.1981
23		1.33	0.092		0.0020	0.1981
24		1.35	0.092		0.0020	0.1981
25		1.37	0.092		0.0020	0.1981
26		1.39	0.092		0.0020	0.1981
27		1.41	0.093		0.0010	0.1401
28		1.43	0.093		0.0010	0.1401
29		1.45	0.093		0.0010	0.1401

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 9 : Hubungan antara kecepatan dan Tinggi muka air pada daerah setelah bangunan.

Pada gambar diatas Hubungan antara kecepatan dan Tinggi muka air pada daerah setelah bangunan dengan debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) menunjukkan bahwa semakin tinggi muka air maka kecepatan aliran akan semakin lambat. Dimana kecepatan terbesar berada pada debit pengaliran (Q3 = 0.0025 m/dtk). Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) maka kecepatan semakin besar dan didalam suatu debit percobaan tinggi muka air sangat berpengaruh terhadap kecepatan aliran air pada pelimpah tersebut.

Hasil perhitungan kecepatan pada daerah hilir pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, 0,0025 m³/det, dicari menggunakan current meter dan dirangkum pada tabel 20 sebagai berikut:

Tabel 20, Perhitungan kecepatan aliran pada daerah hilir dengan jarak dan tinggi muka air.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	V (m)
1	0.0015	2	0.081	0.30
2		2.75	0.083	0.30
3		3.4	0.085	0.30
4		4.05	0.091	0.30
5		4.8	0.097	0.20
1	0.0020	2	0.086	0.30
2		2.75	0.088	0.30
3		3.4	0.09	0.30
4		4.05	0.093	0.30
5		4.8	0.103	0.30
1	0.0025	2	0.094	0.40
2		2.75	0.095	0.40
3		3.4	0.096	0.40
4		4.05	0.102	0.30
5		4.8	0.114	0.30

Sumber : Hasil Pengamatan

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa kecepatan ditiap-tiap debit pengaliran Q1, Q2, dan Q3 bergantung pada tinggi muka air. Semakin tinggi muka air maka kecepatan semakin rendah.

E. Bilangan Froude

Hasil perhitungan bilangan froude pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det di daerah hulu dapat dilihat pada tabel 21, pada

debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$ $V = 0,1364 \text{ m}/\text{det}$, $g = 9,81 \text{ m}^2/\text{det}$, $h = 0,15 \text{ m}$ dan dijabarkan sebagai berikut:

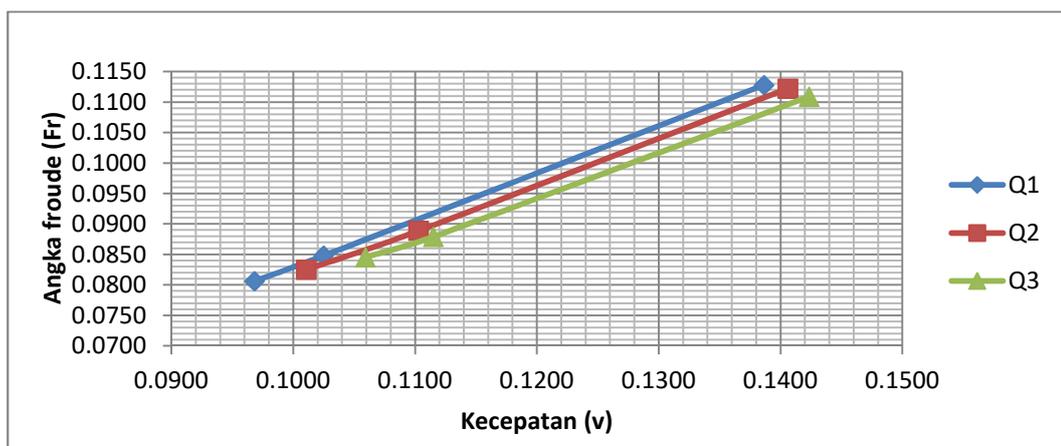
$$Fr = \frac{0,1}{\sqrt{9,8 \cdot 0,1}} = 0,1128 \text{ (FR} < 1 \text{ Aliran Sub kritis)}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 21 sebagai berikut :

Tabel 21, Hasil perhitungan bilangan froude pada daerah hulu:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	V (m)	Fr	Ket
1	0.0015	0	0.154	0.1386	0.1128	Sub Kritis
2		0.35	0.149	0.1025	0.0848	Sub Kritis
3		0.665	0.147	0.0968	0.0806	Sub Kritis
1	0.002	0	0.16	0.1406	0.1122	Sub Kritis
2		0.35	0.157	0.1061	0.0855	Sub Kritis
3		0.65	0.153	0.1130	0.0922	Sub Kritis
1	0.0025	0	0.168	0.1423	0.1109	Sub Kritis
2		0.35	0.164	0.1095	0.0864	Sub Kritis
3		0.63	0.16	0.1172	0.0935	Sub Kritis

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 10 : Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah hulu

Pada gambar diatas Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah hulu dengan debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan aliran maka bilangan froude semakin besar Hal ini menunjukkan bahwa bilangan Froude bergantung pada besar kecilnya kecepatan aliran.

Perhitungan bilangan froude pada bangunan pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det dirangkum pada tabel 22,dimana Q = 0,0015 m³/det, b = 0,078 m, g = 9,81 m²/det dan dijabarkan sebagai berikut:

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{0,0}{0,0} = 0,0192 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0,0^2}{9,8}} = 0,033 \text{ m}$$

$$V_c = \sqrt{g \cdot y} = \sqrt{9,81 \times 0,033} = 0,5735 \text{ m}/\text{det}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} = \frac{0,5}{\sqrt{9,8 \cdot 0,0}} = 1 \text{ (Fr = 1 Aliran Kritis)}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 22.

Tabel 22. Hasil perhitungan bilangan froude diatas bangunan pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det

No	Debit terbaca (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Ket
1	0.0015	0.78	0.035	0.078	0.0192	0.0335	0.5735	1	Kritis
2		0.80	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	Kritis
3		0.82	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	Kritis
4		0.84	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	Kritis
5		0.86	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	Kritis

Lanjutan tabel 22 :

No	Debit terbaca (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Ket
1	0.002	0.78	0.041	0.078	0.0256	0.0406	0.6313	1	Kritis
2		0.80	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	Kritis
3		0.82	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	Kritis
4		0.84	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	Kritis
5		0.86	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	Kritis

No	Debit terbaca (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Ket
1	0.0025	0.78	0.046	0.078	0.0321	0.0471	0.6800	1	Kritis
2		0.80	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	Kritis
3		0.82	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	Kritis
4		0.84	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	Kritis
5		0.86	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Pada tabel diatas Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah pada saat berada diatas bangunan dengan debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) menunjukkan bahwa semua aliran merupakan aliran kritis.

Perhitungan bilangan froude pada daerah setelah bangunan pelimpah pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det dirangkum pada tabel 23,dimana Q = 0,0015 m³/det, b = 0,078 m, g = 9,81 m²/det V = 0,8635 m/det, y = 0,0540 m dan dijabarkan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot y}} = \frac{0,8}{\sqrt{9,8 \cdot 0,054}} = 1,53295 \text{ (Fr} > 1 \text{ Aliran super kritis)}$$

Perhitungan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 23,24 dan 25.

Tabel 23. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,0015 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
1	0.0015	0.87	0.043	0.081	0.0380	0.8635	1.3295	Super Kritis
2		0.89	0.042		0.0390	0.8747	1.3628	Super Kritis
3		0.91	0.04		0.0410	0.8969	1.4318	Super Kritis
4		0.93	0.045		0.0360	0.8404	1.2649	Super Kritis
5		0.95	0.05		0.0310	0.7799	1.1136	Super Kritis
6		0.97	0.055		0.0260	0.7142	0.9723	Sub Kritis
7		0.99	0.057		0.0240	0.6862	0.9177	Sub Kritis
8		1.01	0.059		0.0220	0.6570	0.8636	Sub Kritis
9		1.03	0.061		0.0200	0.6264	0.8098	Sub Kritis
10		1.05	0.064		0.0170	0.5775	0.7289	Sub Kritis
11		1.07	0.067		0.0140	0.5241	0.6465	Sub Kritis
12		1.09	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	Sub Kritis
13		1.11	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	Sub Kritis
14		1.13	0.072		0.0090	0.4202	0.5000	Sub Kritis
15		1.15	0.074		0.0070	0.3706	0.4350	Sub Kritis
16		1.17	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	Sub Kritis
17		1.19	0.079		0.0020	0.1981	0.2250	Sub Kritis
18		1.21	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	Sub Kritis

Lanjutan tabel 23:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
19	0.0015	1.23	0.077	0.081	0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
20		1.25	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	Sub Kritis
21		1.27	0.075		0.0060	0.3431	0.4000	Sub Kritis
22		1.29	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	Sub Kritis
23		1.31	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
24		1.33	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	Sub Kritis
25		1.35	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
26		1.37	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
27		1.39	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
28		1.41	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis
29		1.43	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	Sub Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Pada gambar tabel diatas menunjukkan bahwa pada beberapa titik terjadi aliran super kritis setelah itu berubah menjadi aliran sub kritis.

Tabel 24. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,002 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
1	0.002	0.87	0.048	0.086	0.0380	0.8635	1.2583	Super Kritis
2		0.89	0.043		0.0430	0.9185	1.4142	Super Kritis
3		0.91	0.047		0.0390	0.8747	1.2882	Super Kritis
4		0.93	0.045		0.0410	0.8969	1.3499	Super Kritis
5		0.95	0.056		0.0300	0.7672	1.0351	Super Kritis
6		0.97	0.06		0.0260	0.7142	0.9309	Sub Kritis
7		0.99	0.063		0.0230	0.6718	0.8545	Sub Kritis
8		1.01	0.067		0.0190	0.6106	0.7531	Sub Kritis
9		1.03	0.069		0.0170	0.5775	0.7020	Sub Kritis
10		1.05	0.07		0.0160	0.5603	0.6761	Sub Kritis
11		1.07	0.073		0.0130	0.5050	0.5968	Sub Kritis
12		1.09	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	Sub Kritis
13		1.11	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	Sub Kritis
14		1.13	0.078		0.0080	0.3962	0.4529	Sub Kritis

Lanjutan tabel 24:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
15	0.002	1.15	0.075	0.086	0.0110	0.4646	0.5416	Sub Kritis
16		1.17	0.082		0.0040	0.2801	0.3123	Sub Kritis
17		1.19	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	Sub Kritis
18		1.21	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	Sub Kritis
19		1.23	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	Sub Kritis
20		1.25	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	Sub Kritis
21		1.27	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	Sub Kritis
22		1.29	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	Sub Kritis
23		1.31	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	Sub Kritis
24		1.33	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	Sub Kritis
25		1.35	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	Sub Kritis
26		1.37	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	Sub Kritis
27		1.39	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	Sub Kritis
28		1.41	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	Sub Kritis
29	1.43	0.085	0.0010	0.1401	0.1534	Sub Kritis		

Sumber : Hasil perhitungan

Pada gambar tabel diatas menunjukkan bahwa pada beberapa titik terjadi aliran super kritis setelah itu berubah menjadi aliran sub kritis atau berangsur-angsur aliran menjadi normal kembali.

Tabel 25. Hasil perhitungan bilangan froude setelah bangunan pelimpah pada debit 0,0025 m³/det:

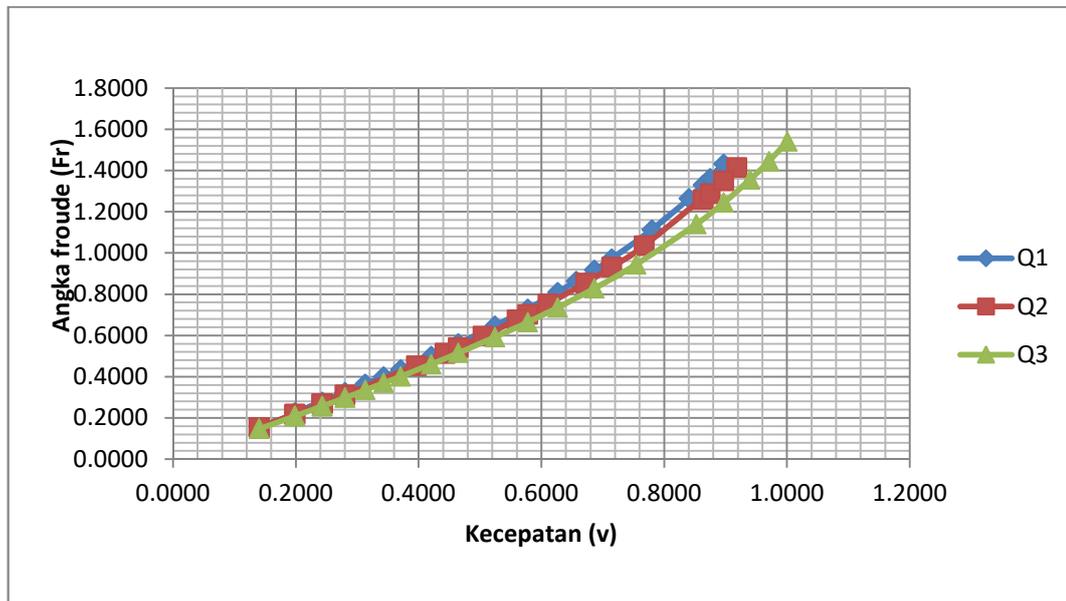
No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
1	0.0025	0.87	0.043	0.094	0.0510	1.0003	1.5402	Super Kritis
2		0.89	0.046		0.0480	0.9704	1.4446	Super Kritis
3		0.91	0.049		0.0450	0.9396	1.3553	Super Kritis
4		0.93	0.053		0.0410	0.8969	1.2439	Super Kritis
5		0.95	0.057		0.0370	0.8520	1.1394	Super Kritis
6		0.97	0.065		0.0290	0.7543	0.9446	Sub Kritis
7		0.99	0.07		0.0240	0.6862	0.8281	Sub Kritis
8		1.01	0.074		0.0200	0.6264	0.7352	Sub Kritis
9		1.03	0.077		0.0170	0.5775	0.6645	Sub Kritis
10		1.05	0.08		0.0140	0.5241	0.5916	Sub Kritis

Lanjutan tabel 25 :

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Ket
11		1.07	0.083		0.0110	0.4646	0.5148	Sub Kritis
12		1.09	0.085		0.0090	0.4202	0.4602	Sub Kritis
13		1.11	0.087		0.0070	0.3706	0.4011	Sub Kritis
14		1.13	0.088		0.0060	0.3431	0.3693	Sub Kritis
15		1.15	0.089		0.0050	0.3132	0.3352	Sub Kritis
16		1.17	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	Sub Kritis
17		1.19	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	Sub Kritis
18		1.21	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	Sub Kritis
19		1.23	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	Sub Kritis
20		1.25	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	Sub Kritis
21		1.27	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	Sub Kritis
22		1.29	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	Sub Kritis
23		1.31	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	Sub Kritis
24		1.33	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	Sub Kritis
25		1.35	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	Sub Kritis
26		1.37	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	Sub Kritis
27		1.39	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	Sub Kritis
28		1.41	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	Sub Kritis
29		1.43	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	Sub Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Pada gambar tabel diatas menunjukkan bahwa pada beberapa titik terjadi aliran super kritis setelah itu berubah menjadi aliran sub kritis atau berangsur-angsur aliran menjadi normal kembali setelah tidak adanya bangunan lagi.



Gambar 11 : Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah setelah melewati bangunan.

Pada gambar diatas Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah setelah melewati bangunan dengan debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) menunjukkan bahwa semakin besar kecepatan aliran maka bilangan froude semakin besar. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya debit yang mengalir pada saluran tersebut.

Hasil perhitungan bilangan froude pada daerah hilir pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, 0,0025 m³/det, pada debit 0,0015 m³/det dimana V = 0,30 m, g = 9,81, y = 0,081 m dan dijabarkan sebagai berikut :

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot y}} = \frac{0,3}{\sqrt{9,8 \cdot 0,0}} = 0,3365$$

Perhitungan selanjutnya dikerjakan dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 26:

Tabel 26. Hasil perhitungan bilangan froude pada daerah hilir dengan debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, 0,0025 m³/det.

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	V (m)	Fr	Ket
1	0.0015	2	0.081	0.30	0.3365	Sub Kritis
2		2.75	0.083	0.30	0.3325	Sub Kritis
3		3.4	0.085	0.30	0.3285	Sub Kritis
4		4.05	0.091	0.30	0.3175	Sub Kritis
5		4.8	0.097	0.20	0.2050	Sub Kritis
1	0.002	2	0.086	0.30	0.3266	Sub Kritis
2		2.75	0.088	0.30	0.3229	Sub Kritis
3		3.4	0.09	0.30	0.3193	Sub Kritis
4		4.05	0.093	0.30	0.3141	Sub Kritis
5		4.8	0.103	0.30	0.2984	Sub Kritis
1	0.0025	2	0.094	0.40	0.4165	Sub Kritis
2		2.75	0.095	0.40	0.4143	Sub Kritis
3		3.4	0.096	0.40	0.4122	Sub Kritis
4		4.05	0.102	0.30	0.2999	Sub Kritis
5		4.8	0.114	0.30	0.2837	Sub Kritis

Sumber : Hasil perhitungan

Pada tabel diatas Hubungan antara kecepatan dan bilangan froude pada daerah hilir dengan debit pengaliran (Q1, Q2 dan Q3) menunjukkan bahwa semua aliran merupakan aliran sub kritis dan aliran menjadi normal kembali setelah tidak adanya bangunan lagi.

E. Energi Spesifik

Hasil perhitungan energi spesifik pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det di daerah hulu dapat dilihat pada tabel 27. Pada debit 0,0015 m³/det dimana $h = 0,15$ m, $V = 0,1364$ m/det, $g = 9,81$ dan dijabarkan sebagai berikut:

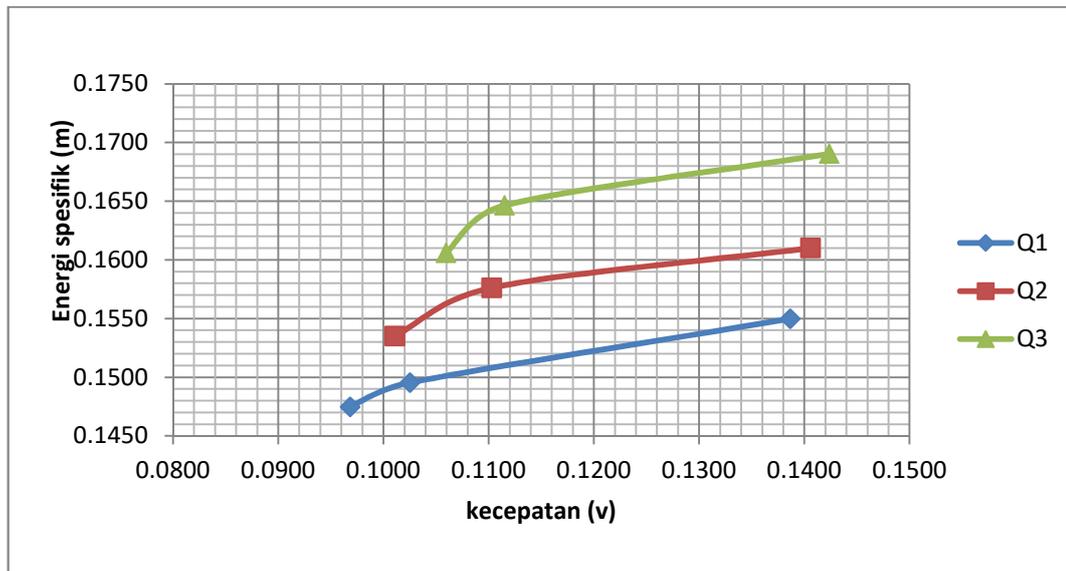
$$Es = 0,154 + \left(\frac{0,1}{2,9,8}\right)^2 = 0,1550 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel sebagai berikut:

Tabel 27, Hasil perhitungan energi spesifik pada daerah hulu:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	V (m)	Fr	Es
1	0.0015	0	0.154	0.1386	0.1128	0.1550
2		0.35	0.149	0.1025	0.0848	0.1495
3		0.665	0.147	0.0968	0.0806	0.1475
1	0.002	0	0.16	0.1406	0.1122	0.1610
2		0.35	0.157	0.1103	0.0889	0.1576
3		0.65	0.153	0.1011	0.0825	0.1535
1	0.0025	0	0.168	0.1423	0.1109	0.1690
2		0.35	0.164	0.1115	0.0879	0.1646
3		0.63	0.16	0.1059	0.0846	0.1606

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 12 : Hubungan antara kecepatan dan energy spesifik pada daerah hulu.

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa energy spesifik akan tergantung pada besarnya kecepatan yang terjadi. Apabila kecepatannya besar maka energy spesifiknya akan tinggi. Dapat dilihat bahwa energy spesifik yang paling tinggi terdapat pada debit ($Q_3=0.0025$ m/dtk) dan besarnya energy spesifik dipengaruhi oleh kecepatan aliran.

Perhitungan energi spesifik pada saat di bangunan, dimana $Q = 0,0015$ m³/det, $y_c = 0,0335$ m, $V_c = 0,5735$ m/det, $g = 9,81$ dan dijabarkan sebagai berikut :

$$E_s = 0,0335 + \left(\frac{0,5}{2,9,8} \frac{m^2}{s^2} \right) = 0,0503 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 28.

Tabel 28. Hasil perhitungan energi spesifik diatas bangunan pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, dan 0,0025 m³/det

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Es
1	0.0015	0.78	0.035	0.078	0.0192	0.0335	0.5735	1	0.0503
2		0.8	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	0.0503
3		0.82	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	0.0503
4		0.84	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	0.0503
5		0.86	0.035		0.0192	0.0335	0.5735	1	0.0503

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Es
1	0.002	0.78	0.041	0.078	0.0256	0.0406	0.6313	1	0.0609
2		0.8	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	0.0609
3		0.82	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	0.0609
4		0.84	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	0.0609
5		0.86	0.041		0.0256	0.0406	0.6313	1	0.0609

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	b (m)	q (m ³ /dtk/m)	yc (m)	Vc (m)	Fr	Es
1	0.0025	0.78	0.046	0.078	0.0321	0.0471	0.6800	1	0.0707
2		0.8	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	0.0707
3		0.82	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	0.0707
4		0.84	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	0.0707
5		0.86	0.046		0.0321	0.0471	0.6800	1	0.0707

Sumber : Hasil perhitungan

Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,0015 m³/det, 0,0020 m³/det, 0,0025 m³/det. Pada debit 0,0015 m³/det,

dimana $y = 0,0380$ m, $V = 0,8635$ m/det, $g = 9,81$ dan dijabarkan sebagai berikut:

$$Es = 0,0380 + \left(\frac{0,8}{2,9,8}\right)^2 = 0,076 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 29, 30 dan 31:

Tabel 29. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit $0,0015 \text{ m}^3/\text{det}$:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
1	0.0015	0.87	0.043	0.081	0.0380	0.8635	1.3295	0.076
2		0.89	0.042		0.0390	0.8747	1.3628	0.078
3		0.91	0.04		0.0410	0.8969	1.4318	0.082
4		0.93	0.045		0.0360	0.8404	1.2649	0.072
5		0.95	0.05		0.0310	0.7799	1.1136	0.062
6		0.97	0.055		0.0260	0.7142	0.9723	0.052
7		0.99	0.057		0.0240	0.6862	0.9177	0.048
8		1.01	0.059		0.0220	0.6570	0.8636	0.044
9		1.03	0.061		0.0200	0.6264	0.8098	0.04
10		1.05	0.064		0.0170	0.5775	0.7289	0.034
11		1.07	0.067		0.0140	0.5241	0.6465	0.028
12		1.09	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	0.022
13		1.11	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	0.022
14		1.13	0.072		0.0090	0.4202	0.5000	0.018
15		1.15	0.074		0.0070	0.3706	0.4350	0.014
16		1.17	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01
17		1.19	0.079		0.0020	0.1981	0.2250	0.004
18		1.21	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	0.006
19		1.23	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
20		1.25	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	0.006

Lanjutan tabel 29:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
21	0.0015	1.27	0.075	0.081	0.0060	0.3431	0.4000	0.012
22		1.29	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01
23		1.31	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
24		1.33	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01
25		1.35	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
26		1.37	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
27		1.39	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
28		1.41	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008
29		1.43	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 30. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,002 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
1	0.002	0.87	0.048	0.086	0.0380	0.8635	1.2583	0.076
2		0.89	0.043		0.0430	0.9185	1.4142	0.086
3		0.91	0.047		0.0390	0.8747	1.2882	0.078
4		0.93	0.045		0.0410	0.8969	1.3499	0.082
5		0.95	0.056		0.0300	0.7672	1.0351	0.06
6		0.97	0.06		0.0260	0.7142	0.9309	0.052
7		0.99	0.063		0.0230	0.6718	0.8545	0.046
8		1.01	0.067		0.0190	0.6106	0.7531	0.038
9		1.03	0.069		0.0170	0.5775	0.7020	0.034
10		1.05	0.07		0.0160	0.5603	0.6761	0.032
11		1.07	0.073		0.0130	0.5050	0.5968	0.026
12		1.09	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	0.02
13		1.11	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	0.02
14		1.13	0.078		0.0080	0.3962	0.4529	0.016
15		1.15	0.075		0.0110	0.4646	0.5416	0.022
16		1.17	0.082		0.0040	0.2801	0.3123	0.008
17		1.19	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004

Lanjutan tabel 30 :

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
18	0.002	1.21	0.085	0.086	0.0010	0.1401	0.1534	0.002
19		1.23	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004
20		1.25	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006
21		1.27	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006
22		1.29	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004
23		1.31	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006
24		1.33	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006
25		1.35	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006
26		1.37	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002
27		1.39	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002
28		1.41	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002
29		1.43	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002

Sumber : Hasil perhitungan

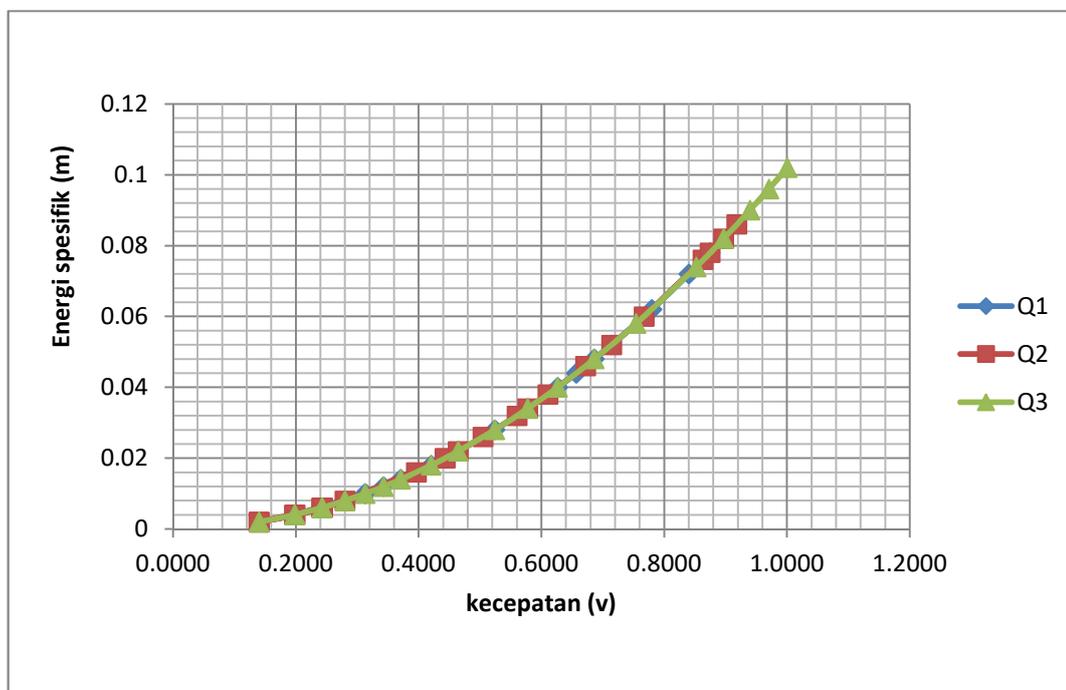
Tabel 31. Hasil Perhitungan energi spesifik pada daerah setelah bangunan pada debit 0,0025 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
1	0.0025	0.89	0.043	0.094	0.0510	1.0003	1.5402	0.102
2		0.91	0.046		0.0480	0.9704	1.4446	0.096
3		0.93	0.049		0.0450	0.9396	1.3553	0.09
4		0.95	0.053		0.0410	0.8969	1.2439	0.082
5		0.97	0.057		0.0370	0.8520	1.1394	0.074
6		0.99	0.065		0.0290	0.7543	0.9446	0.058
7		1.01	0.07		0.0240	0.6862	0.8281	0.048
8		1.03	0.074		0.0200	0.6264	0.7352	0.04
9		1.05	0.077		0.0170	0.5775	0.6645	0.034
10		1.07	0.08		0.0140	0.5241	0.5916	0.028
11		1.09	0.083		0.0110	0.4646	0.5148	0.022
12		1.11	0.085		0.0090	0.4202	0.4602	0.018
13		1.13	0.087		0.0070	0.3706	0.4011	0.014
14		1.15	0.088		0.0060	0.3431	0.3693	0.012

Lanjutan tabel 31:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air (m)	y ₂ (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es
15	0.0025	1.17	0.089	0.094	0.0050	0.3132	0.3352	0.01
16		1.19	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	0.008
17		1.21	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	0.008
18		1.23	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006
19		1.25	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006
20		1.27	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006
21		1.29	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006
22		1.31	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004
23		1.33	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004
24		1.35	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004
25		1.37	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004
26		1.39	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004
27		1.41	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	0.002
28		1.43	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	0.002
29	1.45	0.093	0.0010	0.1401	0.1466	0.002		

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 13 : Hubungan antara kecepatan dan energy spesifik pada daerah setelah melewati pelimpah

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa energy spesifik akan tergantung pada besarnya kecepatan yang terjadi. Apabila kecepatannya besar maka energy spesifiknya akan tinggi. Dapat dilihat bahwa energy spesifik yang paling tinggi terdapat pada debit ($Q_3=0.0025$ m/dtk). Perubahan energy spesifik dipengaruhi oleh besarnya kecepatan dan debit aliran.

F. Kehilangan Energi

Kehilangan energi spesifik pada daerah hulu dan hilir pada debit 0.0015 m³/det dititik tinjauan dengan jarak 0.65 m sebelum pelimpah dan jarak 2.00 m pada daerah hilir adalah sebagai berikut :

$$E = 0.1475 - 0.0856 = 0.0619 \text{ m}$$

Kehilangan energi spesifik pada daerah hulu dan hilir pada debit 0.002 m³/det dititik tinjauan dengan jarak 0.64 m sebelum pelimpah dan jarak 2.00 m pada daerah hilir adalah sebagai berikut :

$$E = 0.1535 - 0.0906 = 0.0629 \text{ m}$$

Kehilangan energi spesifik pada daerah hulu dan hilir pada debit 0.0025 m³/det dititik tinjauan dengan jarak 0.64 m sebelum pelimpah dan jarak 2.00 m pada daerah hilir adalah sebagai berikut :

$$E = 0.1606 - 0.1022 = 0.0584 \text{ m}$$

Untuk hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 32 : Kehilangan energi pada bagian hulu dan hilir

NO	Q (m/dtk)	Es1	Es2	ΔE
1	0.0015	0.1475	0.0856	0.0619
2	0.0020	0.1535	0.0906	0.0629
3	0.0025	0.1606	0.1022	0.0584

Sumber : Hasil perhitungan

Kehilangan energi spesifik pada daerah setelah bangunan sebagai contoh pada debit $0.0015 \text{ m}^3/\text{det}$ dengan $y_1 = 0.043 \text{ m}$, $y_2 = 0.081 \text{ m}$ dihitung dan dijabarkan sbb :

$$y = y_2 - y_1 = 0.081 - 0.043 = 0.0380 \text{ m}$$

$$E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4x} = \frac{0.0}{4x0.1x0.0} = 0.002170 \text{ m}$$

Perhitungan selanjutnya dihitung dengan cara yang sama dan dirangkum pada tabel 33, 34 dan 35.

Tabel 33. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.0015 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es	ΔE (m)
1	0.0015	0.87	0.043	0.081	0.0380	0.8635	1.3295	0.076	0.002170
2		0.89	0.042		0.0390	0.8747	1.3628	0.078	0.002402
3		0.91	0.04		0.0410	0.8969	1.4318	0.082	0.002930
4		0.93	0.045		0.0360	0.8404	1.2649	0.072	0.001763
5		0.95	0.05		0.0310	0.7799	1.1136	0.062	0.001013
6		0.97	0.055		0.0260	0.7142	0.9723	0.052	0.000543
7		0.99	0.057		0.0240	0.6862	0.9177	0.048	0.000412
8		1.01	0.059		0.0220	0.6570	0.8636	0.044	0.000307
9		1.03	0.061		0.0200	0.6264	0.8098	0.04	0.000223
10		1.05	0.064		0.0170	0.5775	0.7289	0.034	0.000131
11		1.07	0.067		0.0140	0.5241	0.6465	0.028	0.000070
12		1.09	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	0.022	0.000032
13		1.11	0.07		0.0110	0.4646	0.5606	0.022	0.000032
14		1.13	0.072		0.0090	0.4202	0.5000	0.018	0.000017
15		1.15	0.074		0.0070	0.3706	0.4350	0.014	0.000008
16		1.17	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01	0.000003
17		1.19	0.079		0.0020	0.1981	0.2250	0.004	0.000000
18		1.21	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	0.006	0.000001
19		1.23	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
20		1.25	0.078		0.0030	0.2426	0.2774	0.006	0.000001
21		1.27	0.075		0.0060	0.3431	0.4000	0.012	0.000005
22		1.29	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01	0.000003
23		1.31	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
24		1.33	0.076		0.0050	0.3132	0.3627	0.01	0.000003
25		1.35	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
26		1.37	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
27		1.39	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
28		1.41	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001
29		1.43	0.077		0.0040	0.2801	0.3223	0.008	0.000001

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 34. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.002 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es	ΔE (m)
1	0.002	0.87	0.048	0.086	0.0380	0.8635	1.2583	0.076	0.001944
2		0.89	0.043		0.0430	0.9185	1.4142	0.086	0.003145
3		0.91	0.047		0.0390	0.8747	1.2882	0.078	0.002146
4		0.93	0.045		0.0410	0.8969	1.3499	0.082	0.002605
5		0.95	0.056		0.0300	0.7672	1.0351	0.06	0.000820
6		0.97	0.06		0.0260	0.7142	0.9309	0.052	0.000498
7		0.99	0.063		0.0230	0.6718	0.8545	0.046	0.000328
8		1.01	0.067		0.0190	0.6106	0.7531	0.038	0.000174
9		1.03	0.069		0.0170	0.5775	0.7020	0.034	0.000121
10		1.05	0.07		0.0160	0.5603	0.6761	0.032	0.000100
11		1.07	0.073		0.0130	0.5050	0.5968	0.026	0.000051
12		1.09	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	0.02	0.000022
13		1.11	0.076		0.0100	0.4429	0.5130	0.02	0.000022
14		1.13	0.078		0.0080	0.3962	0.4529	0.016	0.000011
15		1.15	0.075		0.0110	0.4646	0.5416	0.022	0.000030
16		1.17	0.082		0.0040	0.2801	0.3123	0.008	0.000001
17		1.19	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004	0.000000
18		1.21	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002	0.000000
19		1.23	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004	0.000000
20		1.25	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006	0.000001
21		1.27	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006	0.000001
22		1.29	0.084		0.0020	0.1981	0.2182	0.004	0.000000
23		1.31	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006	0.000001
24		1.33	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006	0.000001
25		1.35	0.083		0.0030	0.2426	0.2689	0.006	0.000001
26		1.37	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002	0.000000
27		1.39	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002	0.000000
28		1.41	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002	0.000000
29		1.43	0.085		0.0010	0.1401	0.1534	0.002	0.000000

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 35. Hasil perhitungan Kehilangan Energi pada debit 0.0025 m³/det:

No	Debit (m ³ /dtk)	Jarak (m)	Tinggi Muka Air y1 (m)	y2 (m)	Δy (m)	V (m)	Fr	Es	ΔE (m)
1	0.0025	0.89	0.043	0.094	0.0510	1.0003	1.5402	0.102	0.005246
2		0.91	0.046		0.0480	0.9704	1.4446	0.096	0.004089
3		0.93	0.049		0.0450	0.9396	1.3553	0.09	0.003163
4		0.95	0.053		0.0410	0.8969	1.2439	0.082	0.002212
5		0.97	0.057		0.0370	0.8520	1.1394	0.074	0.001511
6		0.99	0.065		0.0290	0.7543	0.9446	0.058	0.000638
7		1.01	0.07		0.0240	0.6862	0.8281	0.048	0.000336
8		1.03	0.074		0.0200	0.6264	0.7352	0.04	0.000184
9		1.05	0.077		0.0170	0.5775	0.6645	0.034	0.000109
10		1.07	0.08		0.0140	0.5241	0.5916	0.028	0.000058
11		1.09	0.083		0.0110	0.4646	0.5148	0.022	0.000027
12		1.11	0.085		0.0090	0.4202	0.4602	0.018	0.000015
13		1.13	0.087		0.0070	0.3706	0.4011	0.014	0.000007
14		1.15	0.088		0.0060	0.3431	0.3693	0.012	0.000004
15		1.17	0.089		0.0050	0.3132	0.3352	0.01	0.000002
16		1.19	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	0.008	0.000001
17		1.21	0.09		0.0040	0.2801	0.2981	0.008	0.000001
18		1.23	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006	0.000001
19		1.25	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006	0.000001
20		1.27	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006	0.000001
21		1.29	0.091		0.0030	0.2426	0.2568	0.006	0.000001
22		1.31	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004	0.000000
23		1.33	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004	0.000000
24		1.35	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004	0.000000
25		1.37	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004	0.000000
26		1.39	0.092		0.0020	0.1981	0.2085	0.004	0.000000
27		1.41	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	0.002	0.000000
28		1.43	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	0.002	0.000000
29		1.45	0.093		0.0010	0.1401	0.1466	0.002	0.000000

Sumber : Hasil perhitungan

Pada tabel 33,34 dan 35 diatas dapat dilihat bahwa kehilangan energi akan tergantung pada besarnya energy spesifik. Apabila energy spesifiknya besar maka kehilangan energy akan besar begitupun sebaliknya. Hal ini dipengaruhi juga oleh besarnya debit aliran yang mengalir pada saluran tersebut. Jadi semakin besar debit yang mengalir pada saluran tersebut maka kehilangan energy juga akan semakin besar

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan dan analisis data pengukuran di saluran dapat disimpulkan bahwa aliran air akan mengalami perubahan ketinggian akibat adanya bangunan pelimpah dan berpengaruh terhadap karakteristik alirannya. Aliran pada daerah hulu merupakan aliran sub kritis ($FR < 1$) kemudian menjadi kritis ($FR = 1$) pada saat berada di atas bangunan pelimpah. Setelah melewati bangunan pelimpah maka aliran menjadi super kritis ($FR > 1$) dan berangsur-angsur menjadi normal kembali pada saat berada di daerah hilir.

Energy spesifik sangat berpengaruh terhadap besarnya kecepatan dan tinggi muka air yang terjadi. Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan tiga variasi debit ($Q1 = 0.0015 \text{ m}^3/\text{dtk}$, $Q2 = 0.0020 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $Q3 = 0.0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$). Semakin tinggi debit pengaliran maka perubahan energy spesifiknya akan semakin besar. Pada penelitian ini, perubahan energy spesifik terbesar terdapat pada $Q3 = 0.0025 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

B. Saran

Dalam penelitian ini disadari bahwa jauh dari kesempurnaan, sehingga penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa kondisi berikut.

1. Dalam pengukuran kecepatan aliran dan tinggi muka air agar dilakukan dengan teliti lagi agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
2. Untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian ini, penelitian selanjutnya disarankan untuk memakai kolam olakan dan menggunakan saluran yang lebih lebar lagi dibanding saluran dari penelitian kami ini.
3. Untuk pengukuran kecepatan yang menggunakan pelampung bola pimpong hendaknya diperhatikan lagi.
4. Untuk penelitian selanjutnya hendaknya memperhatikan variasi bangunan pelimpah tipe ogee.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, S., 2011, Variabel Penelitian dan Defenisi Operasional. Online dari <http://adityasetiawan.files.wordpress.com/2011/variabel-penelitian-defenisi-operasional.html>, 20 Februari 2018, Pukul 18:33.
- Canonica Lucio., 2013, *Memahami Hidrolika Edisi Revisi*. Bandung : CV. Angkasa.
- Gifari, A. R. 2017, *Uji Model Pengaruh Bentuk Pelimpah Terhadap Karakteristik Aliran*. Skripsi, Makassar : Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar
- Hidayah, S., & Dermawan, V. 2015. *Uji Proporsionalitas Debit Bangunan Bagi Tipe Numbak*.
- Karnisa In.,2010. *Hidrolika Terapan (Bagian 2 Aliran Dalam Saluran Terbuka)*. Bandung : KBK Teknik Sumber Daya Air Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.
- Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama (KP-02). Standar Perencanaan Irigasi.
- Kodoatie Robert J.,*Hidrolika Terapan*, Penerbit Andi,Yogyakarta.
- Sunniati S & Malkab M, 2014. *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Dasar Saluran Pada Hilir Pintu Sorong (Uji Model Laboratorium*. Skripsi, Makassar : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar.
- Triatmodjo Bambang., 2011. *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta
- Ven Te Chow, 1991, *Aliran melalui Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Yuni, Cahya. S. D. 2012. *Kajian Perubahan Pola Gerusan Pada Tikungan Sungai Akibat Penambahan Debit*. Skripsi, Makassar: Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin.
- Yudah, G, S.2014, *Analisa Kapasitas Sungai dalam Mengendalikan Banjir dengan Intergrasi Antara Metode Rasional dengan Program WIN-TR (Studi Kasus Daerah Aliran Sungai Air Bengkulu)*. Skripsi, Bengkulu : Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bengkulu, Bengkulu.

DOKUMENTASI



Gambar 1. Flum Yang Digunakan.



Gambar 2. Alat Ukur Debit Pada Flum.



Gambar 3. Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian



Gambar 4. Pemasangan Mercu Pada Flum.



Gambar 5. Pengukuran Tinggi Muka Air di Atas Mercu.



Gambar 6. Pengukuran Kecepatan Aliran Sebelum Mercu



Gambar 7. Pengukuran Kecepatan Aliran Setelah Mercu.